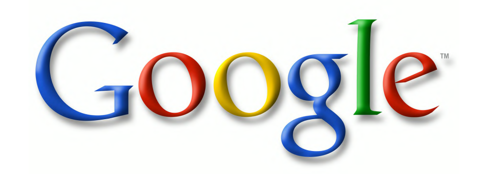
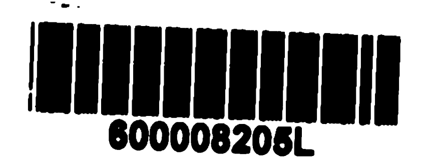
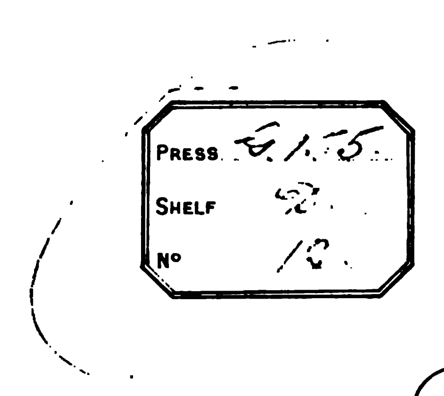



Google

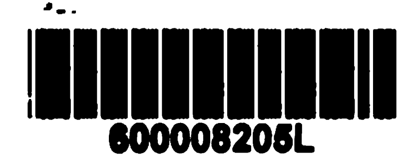


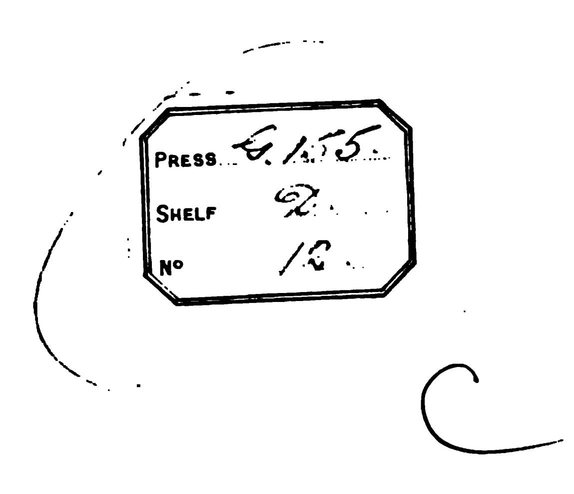

600008205L


PRESS
SHELF
No

E

LUNG.


600008205L


PRESS G.155.
SHELF 2
No 12

VERSUCH

EINER

PHYSIOLOGISCHEN PATHOLOGIE

DER

NERVEN.

VON

G. VALENTIN.

ERSTE ABTHEILUNG.

ALLGEMEINER THEIL.

LEIPZIG UND HEIDELBERG.
C. F. WINTER'SCHE VERLAGSHANDLUNG.
1864.

Inhalt.

Erste Abtheilung.

Allgemeiner Theil.

Zweite Abtheilung.

Besonderer Theil.

Verbesserungen.

Zweite Abth.	Seite 14	Zeile 11	von oben	statt	der Hörner	lies der hinteren Hörner.
	- 93	- 20	- -	-	und hält	lies und dieses hält.
	- 147	- 16	- unten	-	dunkelrother	lies dunkelroth.
	- 217	- 4	- -	-	desselben	lies derselben.
	- 327	- 17	- -	-	dass der Tod	lies dass auch der Tod.
	- 334	- 6	- oben	-	begünstigte	lies nicht begünstigte.

Vorrede.

Die Einleitung dieses Werkes sucht den Begriff der physiologischen Pathologie so festzustellen, dass die Verbindung der beiden Worte keinen Widerspruch einschliesst und sich der mit jenem Namen bezeichnete Wissenszweig zur gewöhnlichen Physiologie ähnlich verhält, wie die angewandte Physik oder Chemie zur theoretischen.

Die Thatsache, dass die Physiologen die Bedürfnisse der praktischen Heilkunde wenig berücksichtigen, rührt nicht, wie behauptet worden, von der Vornehmheit Einzelner, sondern von der Verschiedenheit des Standpunktes her, den sie und die Aerzte einnehmen. Der kranke Körper setzt oft keine grösseren Schwierigkeiten der Untersuchung seiner Lebensleistungen, als der gesunde entgegen. Vermisst man dessenungeachtet häufig genug die eine jede genaue Auffassung kennzeichnende Schärfe in den allgemeinen Beschreibungen der Leiden, den einzelnen Krankengeschichten und den Anweisungen zur Behandlung der regelwidrigen Zustände, so liegt der Hauptgrund in dem Untersuchungsverfahren, dessen sich die Heilkunde nur zu häufig bedient. Die Natur antwortet immer nach Maassgabe der Fragen, die man an sie stellt, bestimmt, wenn man genau weiss, wie man sie zur Erwiederung gezwungen hat, und unklar, wenn diese Vorbedingung mangelt. Soll die Heilkunde die Sicherheit zu gewinnen suchen, welche die Hauptzierde der

meisten Naturwissenschaften bildet, so muss sie auch die mühsameren und dafür lohnenderen Forschungswege von diesen betreten und darf nicht zurückschrecken, wenn dann Namen und Gruppen von Krankheiten, die seit Jahrtausenden bestehen, lieb gewordene Theorieen und der Glaube an nur eingebildete Erscheinungen und Wirkungen wie Nebelstreifen schwinden. Die Physiologie maasst sich nicht an, die praktische Heilkunde, wie ein Kind am Gängelbande zu leiten. Sie soll aber die Mittel klar darlegen, welche eine naturwissenschaftliche Untersuchung und Behandlung der Krankheitszustände möglich machen. Die physiologische Pathologie beschäftigt sich mit dieser Aufgabe für diejenigen Lehren der Physiologie, die in näherer Beziehung zur Heilkunde stehen. Sie muss vorzugsweise zwei Punkte im Auge behalten.

Wir kennen nur dasjenige genau, was wir scharf auszumessen im Stande sind (Ὁ θεὸς ἀριθμητίζει). Der Arzt, der sich eine gewisse Summe physiologischer Kenntnisse aneignet, wird nicht so vertraut mit den Einzelnheiten, dass ihm alle Verfahrungsarten, die zu feineren Aufschlüssen über Krankeitszustände führen können, auf der Stelle für jeden Einzelfall klar vorschweben. Die physiologische Pathologie verzeichnet daher die Mittel, welche die Physiologie in dieser Hinsicht zu Gebote stellt.

Da jeder physiologische Versuch eine künstlich erzeugte Krankheit bildet und viele der dem Arzte vorkommenden Leiden von denselben Grundverhältnissen, wie jener ausgehen, so verfolgt die physiologische Pathologie vorzugsweise diejenigen Beziehungen, welche die in dem Menschen oder den Thieren auftretenden Krankheiten erzeugen, einzelne Zeichen derselben erklären und die Wirkungen der Heilmittel und der Gifte erläutern. Die Darstellung muss sich auf dem Standpunkte der ärztlichen und nicht auf dem der naturwissenschaftlichen Physiologie, wie er in der Einleitung dieses Werkes erklärt worden, halten. Sie soll nicht bloss die Thatsachen geben, sondern auch, wo möglich, die Ursachen derselben klar machen und vorkommenden Falles beweisen, wie einzelne Annahmen der praktischen Heilkunde, scheinbare Ergebnisse von Leichen-

öffnungen, täuschende Beobachtungen der Leidenszustände des Lebenden oder eingebildete Wirkungen gebrauchter Heilmethoden physiologisch unmöglich sind. Das Verhältniss des Physiologen zu dem Arzte erinnert hier an das von LAPLACE zu seinem Freunde und Nachbarn BERTHOLLET, wenn er bisweilen seine Einwände gegen dessen naturwissenschaftliche Ansichten trotz der Erwiederung: „Mais c'est physique“ mit dem begründeten Machtspruche: „C'est mathématique“ aufrecht erhielt. Die Ausflucht, dass sich die an Thieren gewonnenen Ergebnisse nicht auf den Menschen übertragen lassen, bewährt sich nicht für die Thätigkeiten des centralen Nervensystemes, geschweige denn für die Leistungen der übrigen Körpertheile.

Das gegenwärtige Werk sucht diese Gedanken für die Nervenwirkungen im Einzelnen durchzuführen. Ich hoffe, dass ihm eine physiologische Pathologie des Blutes und vielleicht auch eine solche der Geschlechtswerkzeuge, der embryonalen und der nachembryonalen Entwickelung früher oder später nachfolgen werden.

Die Einleitung erläutert die verschiedenen Standpunkte der einzelnen Naturwissenschaften und die Begriffsbestimmung der physiologischen Pathologie. Sie enthält zugleich eine möglichst populäre Darstellung der mannigfachen Arten von Beobachtungsfehlern, wie sie nach den Grundsätzen der Wahrscheinlichkeitsrechnung angenommen werden. Diese Betrachtung soll einen Begriff geben, welche Art vielseitiger Kritik man den Forschungen zum Grunde legen muss, wenn man zur sicheren Erkenntniss der Wahrheit gelangen will.

Das Werk selbst zerfällt in zwei Theile, einen allgemeinen und einen besonderen.

Jener behandelt zunächst die mikroskopische Anatomie der Nervengewebe, so weit sie für die physiologische Pathologie in Betracht kommt. Ich habe mich dabei bemüht, die Belehrung, die das polarisirte Licht für die Beurtheilung regelrechter und krankhafter Zustände liefern kann, näher darzustellen.

Der von der Mechanik der Nerventhätigkeiten handelnde Abschnitt sucht die hierher gehörenden Thatsachen so zu verwerthen,

dass klarere, wenn auch hypothetische mechanische Vorstellungen über die Wirkungen des Nervenmarkes möglich werden. Kehrte früher die Ansicht häufig wieder, dass Nervenkraft und Elektricität das Gleiche seien, so führt unser gegenwärtiges Wissen zu dem entgegengesetzten Standpunkte. Man wird aus jenem Abschnitte ersehen, dass jetzt nur Vorstellungen genügen können, die Rechenschaft zu geben suchen, wesshalb sich bisweilen die elektromotorischen Eigenschaften und der Elektrotonus erhalten oder sogar vergrössern, wenn die Lebenswirkungen verloren gehen.

Ist dieser zweite Abschnitt besonders für den Physiologen geschrieben, so dass ihn der praktische Arzt, der sich nicht für theoretische Fragen interessirt, überschlagen kann, so hat der dritte, der von der Ausmessung der Nervenwirkungen handelt, die Bedürfnisse der Heilkunde vorzugsweise im Auge. Der Anfangstheil, der die Bestimmung der Muskelleistungen durch physiologische Versuche behandelt, soll das Verständniss der späteren den Menschen betreffenden Darstellung erleichtern. Eine genauere und vielseitigere Untersuchung der Bewegungslähmungen dürfte durch die hier gegebenen Andeutungen möglich werden. Die darauf folgende Betrachtung der verschiedenen Sinnesthätigkeiten verfolgt das gleiche Ziel für die Empfindungsleiden. Mag auch mancher der gelegentlich gemachten Vorschläge einer wesentlichen praktischen Verbesserung fähig sein, so hoffe ich doch, dass sich die der Physiologie entnommenen Grundgedanken mit der Zeit bewähren werden.

Der zweite, besondere Theil beginnt mit der Schilderung der Einzelwirkungen der Rückenmarks- und der Gehirnnerven, des sympathischen Nerven, der Gefäss- und der Drüsennerven. Es schien mir zweckmässiger, das peripherische und das centrale Nervensystem nicht, wie in der theoretischen Physiologie, wechselseitig getrennt, sondern gemeinschaftlich zu behandeln. Ich schliesse die entsprechenden Einflüsse des Rückenmarkes oder des Gehirns der Darstellung der Thätigkeiten der verschiedenen Nerven unmittelbar an. Der Arzt findet dann sogleich Thatsachen neben einander, die ihn bei der Beurtheilung eines Krankheitsfalles auf Dinge auf-

merksam machen können, welche ihm bei einer zerstreuteren Darstellung entgehen würden. So sehr auch unsere Kenntnisse der Leistungen des Rückenmarkes, des verlängerten Markes und der Vierhügel in neuerer Zeit erweitert worden, so lässt sich doch noch kaum von einer irgend genügenden Physiologie dieser Gebilde und viel weniger von einer solchen des kleinen und des grossen Gehirnes sprechen. Ich habe desshalb auch das Werk eine physiologische Pathologie der Nerven und nicht des Nervensystemes genannt.

Ein Abschnitt, der die Einflüsse des Blutes auf die Nerventhätigkeit erläutert, schliesst sich jenem ersten an. Ein dritter untersucht die örtlichen mechanischen, thermischen, elektrischen und chemischen Misshandlungen nach fremden und eigenen Erfahrungen. Ein vierter behandelt eine Reihe von Giften, die vorzugsweise auf das Nervensystem wirken. Ich wählte hier als Typen: Strychnin, Curare, Antiar und andere Pfeilgifte, Tanghinia, Opium, dessen Bestandtheile und Haschisch, Blausäure und andere Cyanpräparate, Pupillenändernde Gifte, besonders Belladonna und Calabarbohne, Fingerhut, Tabak, Schierling, Zeitlose, Niesswurz und Sabadille, endlich die Gifte der Schlangen, vorzugsweise der Vipern. Eine kurze Betrachtung über die Beziehung der Nerventhätigkeit zu den physikalischen und den chemischen Vorgängen des lebenden Körpers beschliesst das Ganze.

Wie ich die Beschreibung der Wirkungen der einzelnen Centraltheile bei der Behandlung der Leistungen der peripherischen Nerven einschaltete, so habe ich immer ausführlichere Erläuterungen über mathematische Begriffsbestimmungen und physikalische Erscheinungen oder Theorieen bei passenden Gelegenheiten dem Texte des Werkes einverleibt und auf ausführlichere Quellen, so weit es nöthig schien, in Anmerkungen verwiesen. Diese abführenden Darstellungen erschweren zwar die Uebersicht des Ganzen, sie gewähren aber den Vortheil, den mit dem Gegenstande nicht vertrauten Leser zu dem vollen Verständnisse der Herleitung zu befähigen. Der Umstand, dass einzelne Abschnitte des Werkes vorzugsweise für den Physiologen und andere fast ausschliesslich für

den Arzt geschrieben sind, führte nicht selten zu wiederholter Erwähnung der gleichen Thatsachen. Man wird aber finden, dass ich dann immer das eine Mal kürzer und ein anderes Mal ausführlicher, wie es die Nebenabsicht forderte, auf den Gegenstand einging und eine strengere Behandlungsweise in dem physiologischen und eine populärere in dem ärztlichen Theile der Arbeit einzuhalten suchte.

Bern im Julius 1864.

G. Valentin.

Einleitung.

Unterschied der naturwissenschaftlichen und der ärztlichen Physiologie. Begriff der physiologischen Pathologie.

§. 1. Eine jede Naturwissenschaft beginnt mit der einfachen Beobachtung der ihr angehörenden Erscheinungen und der unter verschiedenen Nebenbedingungen auftretenden Veränderungen. Das Streben, die zum Grunde liegenden Gesetze kennen zu lernen, die sich unmittelbar darbietenden Wirkungen als die Folgen bestimmter Ursachen aufzufassen, führt bald zu Versuchen, in denen man die Vorbedingungen in bekannter Weise wechseln lässt, um sich die Einflüsse ungleicher Ausgangspunkte klar zu machen. Die Mangelhaftigkeit des Wissens und die Unvollkommenheit der Prüfungsmittel hindern aber im Anfange, die Alles beherrschenden Grössenbeziehungen mit demjenigen Genauigkeitsgrade zu bestimmen, der die Herleitung allgemein gültiger Werthe oder scharf ausgesprochener Normen gestattete.

§. 2. Eine zweite Entwickelungsstufe der Wissenschaft verräth sich dadurch, dass die vervollkommnete Untersuchungsweise Zahlen gewinnen lässt, aus denen man Formeln durch zufälliges oder durch ein nach bestimmten mathematischen Grundsätzen fortschreitendes Probiren herleiten kann. Diese sind aber immer nur noch empirische Ausdrücke, die sich der Wahrheit um so mehr nähern, je fehlerfreier die zum Grunde liegenden Erfahrungen ausfallen. Die Verbesserung der Forschungswege gewährt den Vortheil, die schärfste und übersichtlichste Darstellungsweise, die mathematische Sprache zu gebrauchen. Die tiefere Einsicht in die Ursachen der Erscheinungen mangelt noch gänzlich oder wenigstens zu einem grossen Theile.

§. 3. Ein Zweig der Naturwissenschaften hat die höchste Entwickelungsstufe erreicht, wenn eine von möglichst einfachen Grundsätzen ausgehende, der mathematischen Behandlung fähige Theorie nicht nur die schon bekannten Thatsachen vollständig und zweifellos erklärt, sondern auch unerwartete Erscheinungen als nothwendige Folgen voraussagt. Die Astronomie feierte auf diese Weise ihren Triumph, als die Untersuchung der Bewegungsstörungen des äussersten, zur Zeit bekannten Planeten unseres Sonnensystemes, des Uranus, den augenblicklichen Ort eines neuen noch ferneren, des Neptuns durch LEVERRIER angeben liess. Die Wellenlehre des Lichtes bewährte sich in glänzender Weise, als HAMILTON die conische Brechung nach der genaueren Betrachtung des Fresnel'schen Elasticitätsellipsoides voraussagte. Nur die mathematische Behandlung ist im Stande, alle nöthige Sicherheit und Vielseitigkeit diesem ächten Prophetenblicke zu verleihen. Denn nur ihre Zeichensprache kann den verwickeltesten Gedankengang mit unerbittlicher Schärfe bis an sein Ende verfolgen, ohne sich um die Bedeutung der Zwischenschlüsse kümmern zu müssen oder sich durch sie verwirren zu lassen. Sie allein vermag die Beziehungen und die Aenderungen von Gestaltverhältnissen, an denen die lebhafteste plastische Phantasie scheitern würde, durch ihre symbolischen Formelausdrücke klar zu machen. Der unserm Geiste nicht hinreichend zugängliche Begriff des Werdens ist durch die Fiction des Seins oder des Beharrens während unendlich kleiner Zeiträume, der in der Differentialrechnung angenommenen Zeitelemente, und die spätere Integration oder die Summirung dieser an der Grenze des Verschwindens stehenden Grössen zu endlichen Werthen einer glücklichen Behandlung näher gerückt. Jede regelrechte mathematische Herleitung steht an und für sich ohne Irrthum da, weil sie nur die relativ wahren Folgerungen der zum Grunde liegenden Voraussetzungen gibt. Die Richtigkeit oder die Unrichtigkeit der Ausgangspunkte entscheidet allein über den Werth der Schlusssätze. Der Weg, den die mathematische Behandlung verfolgt, ist immer der gerade. Er kann daher das wahre Ziel nur durch die ihm von Anfang an verliehene Richtung verfehlen.

§. 4. Jede Theorie stützt sich auf eine hypothetische Grundlage. Enthält diese Begriffe und gegenseitige Beziehungen von hinreichender Schärfe, so kann die mathematische Durchführung alle weiteren Folgerungen darlegen. Vergleicht man die theoretischen Ergebnisse mit denen der Erfahrung, so liefert die Uebereinstimmung

die Stützen der Theorie, während die Abweichungen die Fehler oder die Lücken derselben verrathen. Das Urtheil lässt sich dann nach einem Satze bestimmen, welcher die Grundlage der gesammten Wahrscheinlichkeitsrechnung bildet.

Man drückt den Wahrscheinlichkeitsgrad oder, wie man kurz sagt, die Wahrscheinlichkeit des Eintreffens eines Ereignisses durch einen Bruch aus, dessen Zähler der Summe aller ihm günstigen und dessen Nenner der aller möglichen Fälle entspricht. Ist die Gesammtsumme der letzteren günstig, so werden Zähler und Nenner gleich, während anderseits das Eintreffen des Ereignisses gewiss ist. Man bezeichnet daher die Gewissheit durch das positive Eins oder die oberste Grenze der ächten positiven Brüche.

Je mehr Erfahrungen für eine Theorie sprechen, um so grösser wird der Zähler des für sie zeugenden Wahrscheinlichkeitsbruches im Verhältniss zu dem unverändert bleibenden Nenner. Man hat also eine immer stärkere Annäherung an die Einheit der Gewissheit. Da aber alle möglichen Fälle nie einzeln dargelegt, geschweige denn erfahrungsgemäss geprüft werden können, so ist keine Theorie, wie keine andere von den Lehren der reinen Mathematik verschiedene Erkenntniss, im strengsten Sinne des Wortes gewiss. Brauchen wir diesen Ausdruck, so verfahren wir wie der Mathematiker mit den convergenten Reihen. Der endliche Werth, dem die Summe einer solchen entspricht, würde erst genau erhalten werden, wenn man eine unendlich grosse Zahl einzelner Glieder derselben zusammenfasste. Jede endliche Addition nähert sich aber der unendlichen Summirung um so mehr, eine je grössere Zahl von Gliedern man in Betracht zieht. Man stösst zuletzt auf einen Summationswerth, der von der Summe unendlich vieler Glieder so wenig abweicht, dass man die Summe der übrigen Glieder oder den Rest ohne merklichen Fehler vernachlässigen kann. Wir verfahren auf diese Weise, wenn wir der Newton'schen Anziehungslehre Gewissheit zuschreiben. Sieht man aber eine medicinische Theorie als gewiss an, so handelt man, als wollte ein Mathematiker die Summe einer gewissen Zahl von Gliedern irgend einer Reihe für den Grenzwerth der Gesammtsumme der Letzteren ausgeben, ohne sich um die Grösse des Restes zu kümmern, oder einen Wahrscheinlichkeitsbruch mit verhältnissmässig sehr kleinem Zähler der Einheit der Sicherheit gleichstellen.

§. 5. Die den Naturerscheinungen entsprechenden Formeln pflegen zwei Hauptarten von Werthen zu enthalten. Die einen ändern sich

in den Einzelfällen, die der Ausdruck umfasst. Sie heissen daher die veränderlichen Grössen oder die Variablen. Die anderen dagegen bleiben immer oder wenigstens innerhalb eines in Betracht kommenden Bezirkes dieselben. Man nennt sie daher die beständigen Grössen oder die Constanten.

Da jede Gleichung ein in sich geschlossenes Ganzes bildet, so zieht die Aenderung einer Grösse eine solche der übrigen veränderungsfähigen nach sich. Man nennt daher die Veränderliche, deren Wechsel den ersten Anstoss gibt, die ursprünglich oder primär Veränderliche oder die Urvariable und die übrigen die nachträglich, die secundär oder die abhängig Variablen. Die Veränderung ist stetig, wenn je zwei an einander liegende Werthe der Veränderlichen nur um eine unendlich kleine Grösse wechselseitig abweichen und sprungweise, wenn der Unterschied an einzelnen Stellen Null, unendlich oder imaginär ist. Die abhängige Variable bildet eine Function der unabhängig Veränderlichen im mathematischen Sinne und die Formelgleichung stellt die Beziehung beider oder den Functionsausdruck dar. Man darf nicht glauben, dass eine stetige Aenderung der einen Variablen eine solche der übrigen nothwendiger Weise zur Folge hat.

§. 6. Man begegnet zweierlei Hauptarten von beständigen Grössen in den die Naturerscheinungen ausdrückenden Formeln, den mathematischen und den empirischen Constanten. Die Gleichungen enthalten bisweilen von vorn herein einzelne Werthe oder Summen der ersteren als Aggregate, Factoren oder Exponenten. Die Integration führt häufig solche Constanten ein. Die Basis der natürlichen Logarithmen ($e = 2{,}71828$), die der Summe der unendlichen convergirenden Reihe $e^x = 1 + \frac{x}{1} + \frac{x^2}{1 \cdot 2} + \frac{x^3}{1 \cdot 2 \cdot 3} + \dots$ für $x = 1$ entspricht [1], tritt auf diese Weise häufig und zwar immer auf, wenn das Differential einer Grösse durch den endlichen Werth derselben getheilt ist, die Integration also zu einer logarithmischen Function führt. Die empirischen Constanten sind entweder schon bei den der Theorie zum Grunde liegenden Voraussetzungen eingeführt worden oder dadurch entstanden, dass man der Integrationsconstante eine bestimmte empirische Beziehung gegeben hat. Sie bilden meist den Ausdruck der Resultante einer Reihe von Be-

[1] Ueber die Ursachen dieses Zusammenhanges siehe z. B. M. A. Stern, Lehrbuch der algebraischen Analysis. Leipzig u. Heidelberg 1860. 8. S. 149. 150.

ziehungen, welche die Theorie im Einzelnen nicht berücksichtigt hat oder nicht berücksichtigen kann, von denen sie auch in der Regel keine Rechenschaft zu geben vermag. Der Zahlenwerth einer solchen beständigen Grösse muss daher erst nachträglich durch vergleichende Erfahrungen bestimmt werden. Die Anwesenheit dieser Art von Constanten verräth eine gewisse Unvollständigkeit der theoretischen Grundlage.

§. 7. Die Bedingungen, unter denen oft die empirischen Constanten beständig zu sein aufhören, beziehen sich auf räumliche, zeitliche oder andere Verhältnisse. Die den Schwerewirkungen entsprechenden Formeln und eine grosse Zahl von Ausdrücken, welche mit mechanischen Veränderungen überhaupt zusammenhängen, enthalten die Beschleunigung der Schwerkraft ($g = 9{,}8088$ Meter für Paris) als unveränderliche Grösse. Da sie aber von dem Aequator gegen die Pole hin zunimmt und der Unterschied derselben gegen den Werth am Aequator mit dem Quadrate des Sinus des entsprechenden Breitegrades wechselt, so kann sich jene Constanz nur auf eine und dieselbe Breite beziehen. Die Thatsache, dass sie sich auch mit der Höhe über dem Meeresspiegel ändert, führt eine zweite Beschränkung ein.

§. 8. Die Ausdehnungscoëfficienten sind sogenannte Constanten, die jedoch mit der Molecularbeschaffenheit der Körper und bei Gasen und Dämpfen mit dem äusseren Drucke wechseln und oft genug auch nur innerhalb gewisser Wärmegrenzen unverändert bleiben. Eine vollständige Theorie muss sie daher als bestimmbare Variablen erkennen lassen. Etwas Aehnliches wiederholt sich für die Absorptionscoëfficienten, die dioptrischen Constanten, die beständigen Werthe der Fortpflanzung der Wärme und der elektrischen Leitungsfähigkeit.

Die Unbeständigkeit empirischer Constanten kann auch von der Zeit abhängen. Die Theorie der Induction der elektrischen Ströme z. B., die NEUMANN auf dem Lenz'schen Gesetze der Wirkungen der Stellungsveränderungen eines von einem elektrischen Strome durchflossenen Leiters oder eines Magneten auf einen anderen Leiter aufbaute und die heute noch die Grundlage vieler Berechnungen auf diesem Gebiete bildet, führt zur Annahme einer von dem Stoffe und dem Querschnitte der inducirten Masse unabhängigen Inductionsconstante, deren Zahlenwerth KIRCHHOFF bestimmt hat[1]). Man muss

---

[1]) Siehe NEUMANN in Pogg. Ann. Bd. LVII. 1846. S. 32. 33. Vgl. auch v. FEILITZSCH, Galvanische Fernwirkungen in Karsten's Encyklopädie der Physik. S. 483 und 506.

aber den Erscheinungen gemäss annehmen, dass die Grösse derselben im Verlaufe der seit dem Beginne der Induction verstrichenen Zeit rasch sinkt. Diese ihre Unbeständigkeit ist bei der Flächen- und der Körperinduction in Betracht zu ziehen. Man kann sie dagegen bei der Untersuchung linearer Leiter vernachlässigen[1]).

§. 9. Da der Werth der empirischen Constanten nur durch die Erfahrung gefunden wird, so muss man alle Mittel aufbieten, ihn so fehlerfrei als möglich zu bestimmen. Die Rechnungsarten, die zu diesem Ziele führen, sind wo möglich auch in allen anderen Fällen, in denen es sich um die Auffindung genauer Zahlen handelt, anzuwenden. Eine jede Naturwissenschaft wird sie um so häufiger benutzen, einen je höheren Standpunkt sie erreicht hat. Wir wollen daher die Hauptumrisse hier darstellen. Diese Betrachtung wird uns zur Erkenntniss mancher für die Physiologie und Pathologie nicht unwichtigen Wahrheit führen.

§. 10. Nehmen wir den einfachen Fall, eine ein Gesetz ausdrückende Gleichung enthalte nur eine Urvariable, eine explicit dargestellte oder wenigstens entwickelbare abhängige Veränderliche und eine gewisse Zahl beständiger Grössen. Jeder Versuch geht von einem bekannten Zahlenwerthe der Urvariablen aus. Sein Ergebniss bestimmt numerisch die abhängige Veränderliche. Die wechselseitige Beziehung beider oder die Function drückt das Wesentliche des Gesetzes aus. Man erhält also eine Zahlengleichung, in der noch die Constanten als Unbekannte vorkommen. Verschafft man sich durch Einzelversuche eben so viele numerische Gleichungen, als Unbekannte vorhanden sind, so kann man den Zahlenwerth jeder der Letzteren durch Elimination oder ein anderes Auflösungsverfahren der Gleichungen finden. Jeder Versuch wird als vollkommen sicher bei diesem Gedankengange angesehen. Da er aber stets mit Beobachtungsfehlern behaftet ist, so tragen sie sich auch auf das Endergebniss der Rechnung in vollem Maasse über. Die Zahlenwerthe der Constanten fallen daher ungenau aus. Die Aufgabe ist also, diese Fehler so sehr als möglich zu verkleinern und den Einfluss der unvermeidlichen Irrungen auf das Endergebniss in Zahlen auszudrücken.

§. 11. Will man sich die Möglichkeit einer genaueren Bestimmung verschaffen, so vervielfältigt man die Menge der sorg-

G. Wiedemann, Die Lehre vom Galvanismus und Elektromagnetismus. Bd. II. Braunschweig 1863. 8. S. 675 und 702.

[1]) Neumann a. a. O. S. 33.

fältigen Einzelversuche. Man erhält daher mehr Gleichungen als Unbekannte vorhanden sind. Der einfachste Gedanke, der auch in der Geschichte der Behandlung dieses Gegenstandes zuerst auftrat, ist der, eine möglichst grosse, durch die Regeln der Combinationslehre bestimmbare Zahl verschiedener Gleichungsgruppen zu bilden, von denen jede eben so viele Gleichungen, als zu bestimmende Unbekannte enthält. Man kann daher eben so viele Werthe einer jeden der letzteren berechnen, als Gruppen zu Gebote stehen. Die Durchschnittsgrösse, welche diese einzelnen Ergebnisse liefern, wird einen um so höheren Grad von Sicherheit in Anspruch nehmen, je mehr gleichwerthige Gruppen zum Grunde gelegt, eine je grössere Zahl gleich guter Beobachtungen also angestellt worden. Einzelne Mathematiker, wie EULER und TOB. MAYER verfolgten noch andere, auf der Theorie der Gleichungen beruhende Wege, um zu demselben Ziele zu gelangen.

§. 12. Die in dem ersten Viertheile des gegenwärtigen Jahrhunderts ausgebildete Methode der kleinsten Quadrate gibt hier die sicherste und vielseitigste Antwort. Der dem Verfahren zum Grunde liegende Hauptgedanke wurde zuerst von LEGENDRE ausgesprochen. GAUSS, der ihn ebenfalls schon selbstständig angewendet hatte, entwickelte aus ihm eines der fruchtbarsten Ehrendenkmale seines mächtigen Geistes [1]). ENCKE und BESSEL beschäftigten sich später mit ergänzenden Betrachtungen. LAPLACE, der den Gegenstand in seiner analytischen Theorie der Wahrscheinlichkeit ebenfalls behandelte, ging zum Theil von einem andern Standpunkte aus.

§. 13. Es liegt in der Natur der Sache, dass die verschiedenen Beobachtungen ungleiche Grade der Sicherheit, der Schärfe, der Genauigkeit oder der Praecision darbieten. Man sagt daher, dass sie ein verschiedenes Gewicht haben d. h. eine durch dieses ausgedrückte Anzahl gleichguter Beobachtungen würde nöthig sein, um aus dem arithmetischen Mittel derselben eine Bestimmung von der gleichen Genauigkeit, wie die des gegebenen Werthes zu erhalten. Man kann die Genauigkeit messen, indem man eine beliebige Einheitsschärfe zum Grunde legt und einen dieser entsprechenden Verhältnisswerth jeder Beobachtung zuschreibt.

Will man die Durchschnittsgrösse einer Reihe von Erfahrungsresultaten bestimmen, so muss man die aus jeder Einzelbeobachtung

[1]) Alles, was GAUSS über diesen Gegenstand geschrieben hat, ist gesammelt in: Méthode des moindres carrés. Mémoires sur la combinaison des observations. Traduits par J. BERTRAND. Paris. 1855. 8.

erhaltene Zahl mit dem Genauigkeitsmaasse derselben vervielfältigen, und die Summe aller auf diese Art erhaltenen Producte durch die Summe der sämmtlichen Genauigkeitsmaasse theilen. Die Entwickelung der Theorie lehrt, dass das Gewicht eines solchen Mittelwerthes nur mit der Quadratwurzel der Zahl der Einzelbeobachtungen zunimmt.

§. 14. Sind die Genauigkeitswerthe aller Einzelbeobachtungen unter einander gleich, so tritt die sie ausdrückende Grösse aus dem Zähler und dem Nenner des Bruches, der den Durchschnittswerth bestimmt, heraus und hebt sich daher hinweg. Man hat nur noch die Summe der Grössen, welche die Einzelbeobachtungen geliefert haben, im Zähler und die von eben so viel Einheiten, als Einzelbeobachtungen vorhanden sind, im Nenner. Dieses ist der Bruch, durch den man das arithmetische Mittel einer Anzahl unter einander abweichender Grössen bestimmt. Man darf es also nur in dem Falle als Durchschnittsgrösse einer Reihe von Beobachtungen nehmen, wenn der gleiche Genauigkeitsgrad einer jeden von diesen zukommt. Eine nähere Betrachtung der Beobachtungsfehler kann aber zeigen, dass ein solcher Mittelwerth nicht immer der Wahrheit möglichst nahe steht.

§. 15. Die groben Fehler, die durch schlechte Instrumente, ungenaue Untersuchungsarten oder den Mangel an Aufmerksamkeit des Beobachters erzeugt werden, bilden keinen Gegenstand einer zuverlässigen Berechnung, weil hier die Schwankungen und Unsicherheiten zu gross sind, als dass eine Grundlage einer befriedigenden Erkenntniss der Wahrheit gewonnen werden könnte. Die kleineren Beobachtungsfehler aber zerfallen in zwei Hauptklassen, in beständige und unregelmässige. Jene rühren von untergeordneten Unvollkommenheiten der Einrichtung der Apparate z. B. der Theilung, oder der Schraubengänge bei Maassvorrichtungen, von immer wiederkehrenden Sinnestäuschungen, wie sie durch die Irradiation, durch Diffraction oder andere Ursachen erzeugt werden, her. Man kann die Grössen der hierdurch bedingten Irrungen annähernd berechnen und das Versuchsergebniss demgemäss verbessern. Die unregelmässigen kleinen Beobachtungsfehler stammen von wechselnden und nicht immer genau angebbaren Nebenumständen. Die Methode der kleinsten Quadrate hat vor Allem den Zweck, die Einflüsse, welche diese Fehler, deren Gesetz unbekannt ist, auf die Erkenntniss der Wahrheit ausüben, nach den Normen der Wahrscheinlichkeitsrechnung zu beseitigen.

§. 16. Stellen wir uns vor, wir hätten die vollkommen richtige Grösse durch die Theorie oder auf einem anderen Wege kennen gelernt, so werden die mit möglichster Sorgfalt angestellten Einzelbeobachtungen Zahlen liefern, die mit ihr nur in den seltensten Fällen übereinstimmen, weil jede von ihnen an den Folgen der unregelmässigen Beobachtungsfehler, selbst nach allen Verbesserungen der beständigen, leidet. Da der wahre Werth in den meisten Fällen unbekannt ist, so pflegt man dann die Durchschnittsgrösse oder einen anderen Näherungswerth mit den Einzelergebnissen der Beobachtung zu vergleichen. Die Unterschiede stellen sich der Natur der Sache um so nachdrücklicher ein, je mehr der Mittelwerth von dem wahren abweicht. Die durch die Erfahrung gewonnenen fehlerhaften Zahlen sind bald grösser und bald kleiner, als der wahre Werth oder die Durchschnittsgrösse. Man hat mit einem Worte positive und negative Beobachtungsfehler.

§. 17. Wollte man die Werthe dieser Irrungen ohne weiteres in Rechnung bringen, so würden die zwei Arten derselben ihrer entgegengesetzten Vorzeichen wegen auf das Endergebniss entgegengesetzt einwirken. Man muss daher eine Form suchen, bei der dieser Uebelstand hinwegfällt. Da der Unterschied der Vorzeichen einer Grösse für die Potenzen derselben von gerader Ordnung aufhört, so können diese dem Bedürfnisse Genüge leisten. LEGENDRE und GAUSS legten daher der Rechnung nicht die Beobachtungsfehler, sondern die Quadrate derselben zum Grunde.

§. 18. Man wird denjenigen Werth als den wahrscheinlich richtigen ansehen, für den die Summe der Quadrate des Productes eines jeden Beobachtungsfehlers und seines Genauigkeitsmaasses ein Kleinstes wird. Solche Minima lassen sich nach den Regeln der Differentialrechnung bestimmen, wenn man die der ersten Ableitung der variablen Grössen entsprechenden Ausdrücke der Null gleich setzt. Eine weitere Ausführung der Theorie gibt Gleichungen, in denen die §. 6 erwähnte Basis der natürlichen Logarithmen als beständiger Werth vorkommt. Die Ursache, weshalb das ganze Verfahren die Methode der kleinsten Quadrate heisst, erklärt sich hiernach ohne weiteres.

§. 19. Sie macht nicht bloss die genauesten, sondern auch die vielseitigsten Wahrscheinlichkeitsbestimmungen möglich. Sie lässt den wahrscheinlichsten oder den fehlerfreiesten Werth, wenn dieser der Natur der Aufgabe nach besonders gefunden werden kann und von dem die Durchschnittsgrösse einen speciellen Fall

bildet und die Grösse des wahrscheinlichen Fehlers[1]) oder diejenige Irrungsgrösse angeben, deren Wahrscheinlichkeit $^1/_2$ oder von der es eben so wahrscheinlich ist, sie begangen, als nicht begangen zu haben.

Man berechnet ferner den mittleren Fehler, dessen Annahme auf rein theoretischen Gründen ruht. Vergleicht man den wahrscheinlichen Werth mit den durch die verschiedenen Einzelbeobachtungen erhaltenen Zahlen, so ergeben sich Unterschiede, die man als die wahren Beobachtungsfehler ansehen kann. Theilt man nun die Quadratsumme dieser wahren Fehler durch die Anzahl der Beobachtungen und zieht aus dem Quotienten die Quadratwurzel, so erhält man den Werth, den man den mittleren Fehler nennt. Man kann ihn auch als aus der Summe der Producte des Fehlers jeder Beobachtung in dessen Wahrscheinlichkeitsgrösse hervorgegangen ansehen.

Die Methode der kleinsten Quadrate bestimmt noch den wahrscheinlichen Fehler jedes einzelnen Untersuchungsergebnisses und die Grenzen des wirklich vorhandenen Fehlers desselben. Das Letztere will sagen, dass man Eins gegen Eins wetten könne, dass jener Fehler zwischen den angezeigten Grenzen liegt. Man kann ferner den Grad von Wahrscheinlichkeit angeben, mit dem eine einzelne der erwähnten Grössen oder die Summe aller begangenen Fehler zwischen zwei beliebig angenommenen Grenzen eingeschlossen sein wird. Es lässt sich endlich berechnen, wie die einzelnen grösseren oder kleineren Fehler in einer zahlreichen Reihe von Beobachtungen vertheilt sein werden und welche Art von Wette man für das Auftreten jeder einzelnen Fehlergrösse eingehen darf.

§. 20. Hat man eine Reihe von Hypothesen, die nach den gemachten Beobachtungen in gleichem Grade annehmbar erscheinen, so verhalten sich ihre Wahrscheinlichkeiten, wie die durch sie erzeugten Fehlersysteme. Diejenige Annahme besitzt daher die grösste Wahrscheinlichkeit, deren Fehler die kleinste Quadratsumme von Allen darbietet.

§. 21. Die Methode der kleinsten Quadrate kann bisweilen auf die Anwesenheit beständiger Fehler aufmerksam machen. Sie gibt überdiess die beste Grundlage für die erfahrungsmässige Prüfung

---

[1]) Man muss bei dem Studium französischer Werke im Auge behalten, dass hier oft der wahrscheinliche Fehler Erreur moyenne genannt wird.

feiner Punkte der Theorie durch den Vergleich der von dieser geforderten, der gefundenen und der wahrscheinlichsten Werthe.

§. 22. Die Vervielfältigung der Beobachtungen wirkt zunächst auf die Vertheilung der verschiedenen Fehlergrössen auf eine für die Wahrscheinlichkeitsbestimmung günstige Weise. Gibt eine grössere Erfahrungsreihe eine vorherrschende Menge positiver oder negativer Fehler, so lässt sich schliessen, dass der einseitige Ueberschuss von dem Einflusse beständiger Ursachen (§. 15) herrührt. Wirken dagegen nur unregelmässige Fehler, so wächst die Wahrscheinlichkeit, dass eben so viel positive als negative Irrungen vorkommen, mit der Zahl der Einzelbeobachtungen. Diese Gleichheit erhöht aber die Sicherheit der Durchschnittsgrösse oder anderer ohne besondere Berücksichtigung der Fehlervertheilung bestimmter Näherungswerthe. Sind die Beobachtungen mit ungefähr gleicher Sorgfalt angestellt, so lässt sich die Vertheilung der Fehler um so sicherer voraussagen, eine je grössere Menge von Erfahrungen der Untersuchung zu Gebote steht. Ordnet man die Fehler nach ihren absoluten Werthen, so treten sie dann um so häufiger auf, je kleiner sie sind. Die durch die Rechnung bestimmte wahrscheinliche Zahl von Fällen, die einer jeden Fehlergrösse oder zwei Grenzen derselben angehört, stimmt mit derjenigen, welche die Erfahrung liefert, um so genauer überein, eine je grössere Menge von Einzelbeobachtungen man in Betracht gezogen hat.

§. 23. Besitzt man eine grosse Zahl von Erfahrungen, so ändern sich die Durchschnittsgrössen nur in geringem Grade, wenn man alle zu Gebote stehenden Werthe für die Bestimmung der Näherungsgrössen benutzt oder eine beliebige verhältnissmässig kleine Menge derselben hinweglässt. Dieses gibt ein Bestimmungsmittel, ob eine Beobachtungsreihe für eine gewisse Folgerung hinreicht oder nicht. Jede Annahme gestattet einen erträglichen Fehler oder einen grössten Irrthum, dessen Anwesenheit die Richtigkeit des Schlusses nicht gefährdet. Man kann erst dann den wahrscheinlichsten Werth einer Beobachtungsreihe für eine Folgerung verwerthen, wenn die Gesammtsumme und die um kleine Grössen verminderten Mengen der Einzelfälle wahrscheinlichste Grössen liefern, deren Unterschiede den Werth des erträglichen Fehlers nicht überschreiten. Viele naturwissenschaftliche und statistische Schlusssätze beruhen auf Erfahrungsreihen, welche diese Prüfung nicht aushalten.

§. 24. Die genauen, oft wiederholten oder auf grosse Zeiträume bezogenen astronomischen Werthbestimmungen bilden das fruchtbarste

Gebiet für die Methode der kleinsten Quadrate. Die geodätischen und viele physikalischen Messungen folgen in zweiter Linie. Es ergibt sich aber aus dem früher Dargestellten, dass die Methode der kleinsten Quadrate nicht für Erfahrungen passt, die mit groben Beobachtungsfehlern behaftet sind. Sie beginnt erst bei den richtigeren Näherungswerthen. Man hat sie oder andere Wahrscheinlichkeitsbestimmungen auf Erfahrungen, welche den Grenzgebieten der Physik und der Physiologie angehören z. B. die Beurtheilung des Augenmaasses, vergleichende Schätzungen der Lichtstärken oder der Tonunterschiede, die Erkenntniss der Bilder, die sich auf den Seitentheilen der Netzhaut abspiegeln, angewendet. Die grossen Irrungen, denen sogar Geübtere bei solchen Bestimmungen ausgesetzt sind, entziehen hier alle Sicherheit einer jeden Berechnungsform. Selbst die einfachen, ohne Berücksichtigung des Genauigkeitsmaasses gewonnenen Mittelzahlen haben einen so geringen Grad von Wahrscheinlichkeit, dass sie keine feste Grundlage für Schlussfolgerungen liefern können. Machen sich diese Uebelstände schon bei verhältnissmässig nicht ganz unzuverlässigen physiologischen Beobachtungen geltend, so werden sie auf dem Triebsande der sogenannten medicinischen Statistik noch nachdrücklicher eingreifen. Der Mangel an kritischer Sichtung und daher die Gleichstellung von Erfahrungen der verschiedensten Genauigkeitsgrade, so wie die Herleitung aus einer zu geringen Menge von Einzelbeobachtungen lassen hier die widersprechendsten Zahlenwerthe und die hinfälligsten Schlüsse zum Vorschein kommen. Man darf nie vergessen, dass der Ausspruch von ENCKE, die Methode der kleinsten Quadrate sei ausser Stande, ungenaue Beobachtungen zu dem Range von genauen zu erheben, für jede andere Rechnungsart ebenfalls giltig bleibt.

§. 25. Die früher (§. 1. 2. 3.) gegebene Schilderung der drei Entwickelungsstufen einer jeden Naturwissenschaft bildet gewissermaassen nur die populäre Darstellung des Forschungsganges, den der Mathematiker für die vollständige Erkenntniss einer unentwickelten oder impliciten Function einschlägt. Lässt sich die gegenseitige Abhängigkeit der veränderlichen Grössen nicht sogleich überblicken, so gibt er zuerst einer Urvariablen eine Reihe verschiedener Werthe, um ungefähr zu sehen, wie sich die Function ändert, ob Null oder unendliche Grössen unter einzelnen Bedingungen auftreten, ob immer nur reelle Werthe vorhanden sind oder sich auch imaginäre in manchen Fällen einschalten. Obgleich man dieses Probiren nach bestimmten Regeln vornehmen kann, so bleibt es doch immer ein

blosses Tasten, wie die Versuche einer Naturwissenschaft, die sich auf ihrer ersten Entwickelungsstufe befindet. Es führt nur zur ungefähren Erkenntniss der Beziehungen.

Der Mathematiker wird sich zunächst bemühen, eine der abhängigen Variablen explicit darzustellen d. h. sie als eine Function der unabhängigen und der Constanten zu entwickeln. Man hat dann die gegenseitige Beziehung übersichtlicher, kann das Ergebniss für alle Einzelwerthe der Urvariablen voraussagen, daher auch eine hypothesenfreie Interpolation an jedem beliebigen Orte vornehmen und den ganzen Gang der die Function ausdrückenden Curve übersehen. Dieses entspricht der zweiten Entwickelungsstufe der Naturwissenschaft, bei der es gelungen ist, die Norm einer Erscheinung durch eine Formel wiederzugeben und die in dieser enthaltenen Constanten zu bestimmen.

Man wird es endlich als das höchste erreichbare Ziel ansehen, nicht bloss die Wirksamkeit, sondern auch die Ursache der Function zu erkennen, einzusehen, wie sie entstanden ist und weshalb sie diese bestimmte Gestalt und keine andere angenommen hat. Die dritte Entwickelungsstufe einer jeden Naturwissenschaft, der Standpunkt der reell und formell genügenden, und wegen der letzteren Ursache nur mathematisch ausdrückbaren Theorie entspricht dieser Erkenntnissweise.

§. 26. Zwei Naturwissenschaften, die Astronomie und die Physik, können bis jetzt genügende und fruchtbringende Einzeltheorieen in dem eben erläuterten Sinne des Wortes aufweisen.

Wird auch die Sternkunde die Königin der Wissenschaften mit Recht genannt, so bildet sie doch nur den durch die tiefsten Geister vollendeten Ausbau des einen Newton'schen Naturgesetzes, dass die Körperelemente einander in geradem Verhältnisse ihrer Massen und in umgekehrtem des Quadrates ihrer wechselseitigen Entfernungen anziehen. Mehrere glückliche Nebenverhältnisse machen hier Genauigkeitsgrade, wie sie keine andere Naturwissenschaft je erreichen wird, möglich. Man kann Zahlenwerthe, die sich auf tägliche, jährliche oder überhaupt kürzere Perioden beziehen, nach der Summe von Umläufen innerhalb Jahrtausenden ausmessen und so Durchschnittsgrössen erhalten, die bis auf die kleinsten Bruchtheile sicher bleiben. Die Beobachtungsinstrumente gestatten eine so feine Durchführung, dass sich die wahrscheinlichsten Werthe der gefundenen Maassgrössen bis auf geringe Bruchwerthe der Bogen- oder der Zeitsecunden bestimmen lassen. Nur die verhältnissmässig

stumpfen Sinne des Menschen stehen hier im Wege. Die sogenannte persönliche Gleichung oder der Zeitunterschied zwischen der Auffassung des Gesichtseindruckes z. B. des Durchganges eines Sternes durch das Fadenkreuz eines Fernrohres und dem Hören des Schlages der Pendeluhr oder dem Drucke des Tasters, der die Batterie des Chronographen öffnet oder schliesst, so wie die Empfindlichkeit des Auges für verschiedene Grade der Lichtstärke und der Färbung wechselt in verschiedenen Menschen und in demselben Beobachter zu ungleichen Zeiten.

§. 27. Die Feinheit der Untersuchungsmittel und die Schärfe der Rechnungsarten gestatten dem Astronomen, die Orte der einzelnen Himmelskörper mit einer Genauigkeit anzugeben, bei der schon kleine Abweichungen neue einwirkende Ursachen anzeigen. Die zartesten Störungsfragen beziehen sich daher auf scheinbar unbedeutende, aber gleichwohl sichere Unterschiede der Theorie und der Erfahrung. Es lässt sich dessenungeachtet behaupten, dass selbst die theoretische Sternkunde den höchstmöglichen Grad der Vollkommenheit noch nicht erreicht hat. Wie schon BESSEL aussprach, dürfte das Anziehungsgesetz nur einen Einzelfall eines allgemeineren, das Weltall beherrschenden Gesetzes bilden. Von einem ähnlichen Gedanken ausgehend stellte in neuester Zeit LAMÉ den Satz auf, dass die mathematische Theorie der Elasticität, die der Lehre vom Lichte, von dem Schalle und einem Theile der Wärmeerscheinungen ausser der von den gewöhnlich sogenannten elastischen Eigenschaften zum Grunde liegt, früher oder später die Hauptbasis der scharfen Betrachtung aller Naturerscheinungen bilden und sich daher auch das Gebiet der theoretischen Astronomie dienstbar machen wird.

§. 28. Die Physik besitzt einzelne, mehr oder minder befriedigende mathematische Theorieen über gesonderte Bezirke ihres Forschungskreises. Hierher gehören z. B. die der Massenanziehung, aus deren Anwendung die Mechanik des Himmels erläutert wird, die mit ihr zusammenhängende der Schwere der Erdkörper und der von ihr theilweise oder gänzlich abhängigen Bewegungserscheinungen, die der Anziehung in nächster Nähe und der hiermit zusammenhängenden Capillarität, die der Wärmeleitung und der Wärmestrahlung, die der Beziehungen der Wärme zu den Arbeitsleistungen, die der Wellenbewegungen der wägbaren Molecüle und der Atome des Aethers, mithin auch die Lehre des Schalles und des Lichtes, endlich die der verschiedenen Wirkungen der ruhenden und der bewegten Elektricität, also auch des Magnetismus und des Diamagnetismus.

Es sind dieses einzelne Bausteine, deren wechselseitige Verbindung zur Zeit noch zum grössten Theile mangelt. Da es in der Natur des menschlichen Geistes und des hierdurch bedingten Forschungsganges liegt, von dem Einzelnen zu dem Allgemeineren fortzuschreiten, Sätze, die man zuerst als unbewiesene Axiome angenommen oder mit blossen Wahrscheinlichkeitsgründen gestützt, als die nothwendigen Folgen einer von einem höheren Standpunkte ausgegangenen Theorie späterhin nachzuweisen, so lässt sich voraussehen, dass auch die weitere Fortentwickelung der mathematischen Physik die Sonderung der Theorieen der verschiedenen Bezirke allmählich aufheben und ein Einheitsband um alle Erscheinungen schlingen wird. Das Ideal wäre hiernach, die sämmtlichen Wirkungen der wägbaren Theilchen und der Atome des Aethers aus einer gemeinsamen Grundbetrachtung, aus einer allgemeinsten Weltgleichung herzuleiten.

§. 29. So bedeutend auch die Leistungen der mathematischen Physik schon sind, so zeigen sich doch hin und wieder Uebelstände, welche die Zukunft früher oder später wird ausgleichen müssen. Viele Theorieen führen zu blossen Annäherungen, indem man Reihen entwickelt, die nach wachsenden Exponenten der Potenzen einer veränderlichen Grösse fortschreiten. Ist diese verhältnissmässig klein, so kann man die höheren Potenzen ohne merklichen Fehler hinweglassen und so die Rechnung vereinfachen oder überhaupt erst mit den gegenwärtigen analytischen Hilfsmitteln durchführen. Es kommt nun vor, dass man Werthe als scheinbar unbedeutend weglässt, die es in der That nicht sind. Die Farbenzerstreuung wurde deshalb von FRESNEL nicht erklärt, während sie CAUCHY durch eine eingehendere Rechnung zu erläutern suchte. Man kann natürlich nur Grössen höherer Ordnung in Vergleich mit solchen niederer vernachlässigen. Eine strenge Kritik findet z. B., dass dieser Grundsatz nicht immer mit aller Schärfe beobachtet wird, dass man bisweilen von zwei Grössen gleicher Ordnung dieselben Potenzen der einen entfernt und die der anderen beibehält. Man hat endlich hin und wieder Gleichungen aufgestellt, die das Naturgesetz nur innerhalb gewisser Grenzen wiedergeben. Solche Ausdrücke können nicht als die Folgen genügender Theorieen angesehen werden.

§. 30. Obgleich die ersten mathematischen Denker, wie LAPLACE, GAUSS und POISSON die Capillaritätserscheinungen bearbeitet haben, so genügt doch keine ihrer Theorieen den Erfahrungen der Gegenwart. Die analytische Darstellung der Elasticitätswirkungen fester Körper, der z. B. das so fruchtbare SAINT-VÉNANT'sche Theorem zu Grunde

gelegt wird, muss Structurverhältnisse annehmen, die sich in der Wirklichkeit kaum in grober Annäherung wiederfinden. CAUCHY, BILLET und VERDET bemühten sich, einzelne Schwächen der Grundlage, auf der FRESNEL seine Wellentheorie des Lichtes aufbaute, zu verbessern, ohne dass es noch bis jetzt zu einer sicheren Feststellung auf diesem Gebiete gekommen wäre. Dasselbe gilt von der Verschiedenheit der Annahmen von FRESNEL und von NEUMANN, ob die Dichtigkeit oder die Elasticität des Aethers in doppelt brechenden Körpern mit der Richtung wechselt, ob demgemäss die Polarisationsebene und die Schwingungsebene der Aethertheilchen auf einander senkrecht stehen oder in eine Ebene zusammenfallen. Eben so lässt der theoretische Beweis der Nothwendigkeit der Farbenzerstreuung Vieles zu wünschen übrig. Die nähere Begründung der Ampère'schen Theorie und der elektrodynamischen Wirkungen durch WEBER nöthigte zu der Voraussetzung, dass hier Anziehungserscheinungen vorkommen, die nicht bloss mit der Entfernung, sondern auch mit der Geschwindigkeit und der Beschleunigung wechseln. Der Diamagnetismus führte zu der Annahme, dass Inductionsströme eine endliche Zeit anhalten könnten. Diese Beispiele mögen genügen, um anschaulich zu machen, dass nicht wenige physikalische Theorieen nur den Charakter eines Provisoriums an sich tragen.

§. 31. Die Geschichte der Physik liefert mehr als einen Beleg, dass selbst die grössten dieser Wissenschaft zugewandten Denker zu irrigen Urtheilen durch Trugbilder verleitet wurden. Schon HUYGENS entwarf die Grundlage der Wellenlehre des Lichtes zu Ende des siebzehnten Jahrhunderts mit sicherem Griffel. Sein Beweis der Zurückwerfung und der Brechung der Strahlen, sein Princip, jedes Aethertheilchen, das durch benachbarte Theilchen in Unruhe versetzt worden, als den Mittelpunkt eines neuen Schwingungsbezirkes anzusehen, gelten heute noch. Hätte er die am Ende seines Werkes kurz ausgesprochene Beobachtung über die Wirkung zweier Kalkspathprismen weiter verfolgt, so würde er wahrscheinlich die Polarisationserscheinungen auf ähnliche Beziehungen der Wellenlehre zurückgeführt haben, wie dieses erst in unserem Jahrhundert von FRESNEL geschah. HUYGENS' Theorie blieb aber unbeachtet, weil NEWTON, der die Wellenlehre nicht so absolut verwarf, als man anzunehmen pflegt, der Emanationstheorie des Lichtes den Vorzug gab. Die verhältnissmässig kleinen Nachfolger des grossen Meisters im achtzehnten Jahrhundert waren, wie gewöhnlich, bei

der Beurtheilung der Wellenlehre unduldsamer, als jener selbst. Obgleich sie YOUNG durch die Analyse der Interferenzerscheinungen am Anfange des gegenwärtigen Jahrhunderts von neuem zu Ehren gebracht hatte, lebte doch die Ausflusstheorie fort, wie sich auch die Cartesianischen Wirbel lange nach NEWTON erhalten haben. FRESNEL musste gegen Männer, wie LAPLACE, BIOT und POISSON kämpfen, um seiner Auffassung der Diffractions- und der Polarisationserscheinungen im Sinne der Wellenlehre des Lichtes und dieser überhaupt Eingang zu verschaffen.

Die Achromasie liefert ein anderes Beispiel entgegengesetzter Art. Die Wahrheit wurde hier durch einen Irrthum gefunden. NEWTON hielt die Beseitigung der durch die Brechung entstehenden Farbenränder für unmöglich, weil er voraussetzte, dass die Grösse der Farbenzerstreuung in gleichem Maasse mit der Ablenkung der Strahlen wachse. Euler dagegen glaubte an die Achromasie, weil angeblich das menschliche Auge achromatisch sei. Diese unrichtige Voraussetzung bewog ihn zuerst, den Gegenstand mit aller Macht der in ihm verkörperten mathematischen Analyse zu verfolgen.

§. 32. Die Chemie hat der Physik gegenüber die erste Entwickelungsstufe der Naturwissenschaften kaum überschritten. Die chemischen Aequivalente der einfachen Stoffe und die Gruppirungen derselben in den zusammengesetzten Körpern bilden Constanten, deren Ursachen sich noch nicht angeben lassen. Die Zweifel, die oft genug über den wahren Werth derselben obwalten und die man durch Zuziehung anderer Verhältnisse, wie der Siedepunkte, der Dampfdichte, der Sättigungscapacität, der Vergleichung verschiedener Verbindungen zu beseitigen sucht, zeigen unmittelbar, dass die Feststellung jener Werthe den verhältnissmässig sicherern Weg der Bestimmung der physikalischen Constanten nicht verfolgen kann, weil der mathematische Ausdruck fehlt, in dem die beständigen Grössen als Glieder vorkommen, deren Bedeutung von vorn herein festgestellt oder die durch bekannte Rechnungsoperationen eingeführt worden. Die chemischen Typen oder Reihen bilden gewissermaassen naturgeschichtliche Classificationen, die vor denen der Mineralogie, der Botanik und der Zoologie den Vortheil haben, dass steigende oder fallende Zahlenwerthe der Aequivalente zu einer bestimmten Zusammenstellung und Anordnung zwingen, während alle systematische Gruppirungen der unorganischen und der organischen Körper den Charakter subjectiver Willkür mehr oder minder an sich tragen.

§. 33. Die Unsicherheit der nur durch die Erfahrung möglichen, nicht aber theoretisch erklärbaren Aequivalentenbestimmungen spiegelt sich selbst in physikalischen Normen, die mit ihnen zusammenhängen. Drei Hauptgesetze sind über die wechselseitigen Beziehungen der Wärmecapacität und der Mischungsgewichte aufgestellt worden, das von DULONG und PETIT, dass das Product der specifischen Wärme und des chemischen Aequivalentes eines beliebigen einfachen Stoffes eine beständige Grösse bildet, das von NEUMANN, dass sich die Producte der Wärmecapacitäten und der Aequivalente der Bestandtheile, der Schwefelsäureverbindungen z. B., nicht ändern, wenn man eine Basis durch eine andere ersetzt, endlich die Norm, dass die specifische Wärme einer zusammengesetzten Verbindung einer Summe gleicht, die aus dem Producte des Aequivalentes, der enthaltenen Aequivalentmenge und der Wärmecapacität jedes einzelnen Bestandtheiles zusammengesetzt ist. Betrachtet man aber die Zahlen [1]), welche jedes dieser drei Gesetze beweisen sollen, so findet man eine nur annähernde, in verhältnissmässig weiten Grenzen schwankende Uebereinstimmung, die eben so gut von der Unsicherheit des Untersuchungsverfahrens, als der Natur der Sache abhängen kann. Zieht man noch die Gase in den Kreis der Untersuchung, so lehrt z. B. der Sauerstoff, dass man nicht die einfache, sondern die doppelte Aequivalentenzahl nehmen muss, um dem Dulong-Petit'schen Gesetze irgendwie Genüge zu leisten.

§. 34. Der Mangel einer jeden, mathematisch ausdrückbaren Atomentheorie der chemischen Zusammensetzung wirkt auf die Krystallographie zurück. Die Erläuterung der Formverhältnisse der Krystalle bildet einen Theil der angewandten Geometrie. Die elastischen, die optischen, die thermischen und die elektrischen Eigenschaften deuten an, ob und welche Richtungen in der Anordnung der Molecüle der wägbaren Masse und des Aethers des Krystalles vor anderen bevorzugt sind. Da es aber unmöglich ist, in mathematischer Zeichensprache herzuleiten, weshalb gewisse Eigenschaften der einfachen Stoffe oder der zusammengesetzten Körper nur die Folge bestimmter Molecularverhältnisse, gegebener chemischer Anziehungen im weitesten Sinne des Wortes bilden, so vermag man auch nicht zu erklären, weshalb die Krystallgestalt mit der chemischen Zusammensetzung und der verschiedenen Bildungs-

[1]) Siehe z. B. dieselben in, M. J. JAMIN: Cours de Physique à l'école polytechnique. Tome II. Paris 1859. 8. p. 382—390.

weise des gleichen festen Körpers wechselt und gerade in der gegebenen Form in einem Einzelfalle auftritt. Die Homöomorphie oder die Erscheinung, dass chemisch verschieden zusammengesetzte Körper die gleiche Krystallgestalt darbieten können, zeigt, dass unsere gegenwärtigen Begriffe von chemischer Eigenthümlichkeit zu eng sind und eine genügende Theorie von allgemeinern Vorstellungen ausgehen muss. Dasselbe folgt auch aus vielen Thatsachen, auf die man sich bei dem Streite über die chemische und die Contacttheorie des Galvanismus berufen hat.

§. 35. Die beschreibenden Naturwissenschaften, zu denen man nicht blos die Mineralogie, die Botanik und die Zoologie, sondern auch die anatomische Darstellung des gesunden und des kranken, todten und lebenden Körpers, mithin auch die Krankheitslehre rechnen muss, liefern nur die nöthigen Vorkenntnisse, gleichsam das Alphabet der Sprache, in welcher die Ergebnisse der höheren Forschungen über die zeitlichen Veränderungen und die Thätigkeiten ausgedrückt werden. Diese im weitesten Sinne des Wortes physiologischen Studien, welche die geologischen Veränderungen des Erdkörpers, die gesunden und die krankhaften Wechselerscheinungen der organischen Wesen, mithin auch alle praktisch eingreifenden Zweige der Heilkunde umfassen, sind ihrem Wesen nach angewandte Zweige der Physik und Chemie. Mögen sie auch in ihrer Ausbildung den letzteren noch so sehr nachstehen, so wird sich doch jeder Fortschritt von diesen auch in ihrem Entwickelungsgange früher oder später abspiegeln.

§. 36. Obgleich die Physiologie die erste Entwickelungsstufe der Naturwissenschaften noch nicht überschritten hat, so lehrt doch der Vergleich dessen, was sie heute ist und was sie vor einem halben Jahrhundert war, wie mächtig hier die segensreichen Folgen der physikalischen und der chemischen Forschung eingriffen. Fast alle Zweige der praktischen Heilkunde liefern einen traurigen Gegensatz in dieser Beziehung. Nur die Augenheilkunde bildet eine theilweise Ausnahme, indem sie die Untersuchungsarten und die Ergebnisse der physiologischen Optik in mannichfacher Weise zu benutzen sucht.

§. 37. Der Standpunkt, den eine Naturwissenschaft einnimmt, verräth sich schon durch die allgemein befolgte Forschungsrichtung. Es versteht sich in der Astronomie und der Physik von selbst, dass man jede gesetzmässige Erscheinung in mathematischer Form und endlich als die Folge einer allgemeineren Theorie darzustellen sucht. Die Chemie bemüht sich wenigstens, die Aequivalente zu bestimmen

2*

und Beziehungen zwischen der Zusammensetzung und den physikalischen Eigenschaften aufzusuchen. Als die Physiologie die Lehren der Physik und der Chemie in ausgedehnterem Maasse zu verwerthen anfing, wurde die Exactheit dieses Verfahrens vielfach hervorgehoben. Es bildet ein stilles Zeugniss des Fortschrittes, dass die Betonung einer solchen selbstverständlichen Sache seit einer Reihe von Jahren aufgehört hat. Wie im Leben, so zeichnet sich auch in der Wissenschaft der niedere Standpunkt durch den Aberglauben aus, der heute einen persönlichen oder sachlichen Götzen auf den Thron erhebt und ihn morgen vergisst, der unmögliche Dinge als die Ergebnisse der höchsten Leistungen bewundernd annimmt, der ganz anderen Ursachen angehörende Folgen einem einzigen Eingriffe zuschreibt, weil man nur diesen kennt, der rathlos im Beobachten und Handeln die Zustände weder genau verfolgen noch in anderer Weise, als tappend und gewissermassen nach Laune bekämpfen kann. Die ehrlichen und denkenden Aerzte mögen beurtheilen, ob und in welchem Umfange diese Worte auf den Zustand fast aller Fächer der praktischen Heilkunde passen.

§. 38. Das Janusgesicht der Physiologie blickt einerseits nach den Naturwissenschaften und anderseits nach der Medicin. Man hat zunächst die allgemeinere und höhere Aufgabe, die Thätigkeiten der lebenden Wesen mit allen Mitteln der Physik und der Chemie ohne weitere Nebenrücksichten zu verfolgen. Die Physiologie erhält hierdurch den Rang einer theoretischen Naturwissenschaft, für welche mathematische Ausdrücke der Normen und mathematische Theorieen der Erscheinungen das letzte Ziel sind. Sie soll aber auch anderseits die Hauptgrundlage aller Zweige der praktischen Heilkunde bilden und muss daher von diesem Standpunkte einseitiger werden, vorzugsweise dasjenige im Auge behalten, was die Krankheitslehre angeht. Der Fortschritt aller Wissenschaften bringt die Zersplitterung, die Theilung der Arbeit mit sich. Die Zeit, in der man eine naturwissenschaftliche und eine ärztliche Physiologie gesondert behandelt, dürfte ebenfalls nicht zu fern liegen.

§. 39. Die Lehre von den elektromotorischen Eigenschaften der Muskeln und der Nerven, bildet eine Zierde der naturwissenschaftlichen Physiologie. Sie hat aber keinen wesentlichen Einfluss auf irgend einen praktischen Zweig der Heilkunde, nicht einmal die gegenwärtige Elektrotherapie. Die Mechanik der Wirkungen der Gifte, zu denen alle Arzneien zu rechnen sind, interessirt im Ganzen mehr den Arzt, als den Naturforscher. Eine Darstellung der natur-

wissenschaftlichen Physiologie wird daher die an dem Galvanometer wahrnehmbaren Erscheinungen und eine solche der ärztlichen die Vergiftungen vollständiger behandeln. Einzelne Gegenstände, wie der Augenspiegel müssen eine nahezu gleich ausgedehnte Berücksichtigung in beiden finden. Die Erläuterung wird aber selbst dann eine strengere mathematisch-optische in der naturwissenschaftlichen, und eine praktischere in der ärztlichen Physiologie sein.

§. 40. Der Name physiologische Pathologie schliesst auf den ersten Blick einen Widerspruch in sich, weil sich die Physiologie auf den gesunden und die Pathologie auf den kranken Zustand bezieht. Der Ausdruck wird aber correct, wenn man ihn auf eine Behandlungsweise der ärztlichen Physiologie anwendet, die der praktischen Heilkunde Mittel darbietet, naturwissenschaftlichere und daher fruchtbringendere Forschungs- und Erkenntnisswege zu betreten. Man muss dann zwei Hauptpunkte im Auge behalten.

Die möglichst genaue Beobachtung der Erscheinungen bildet die vorzüglichste Grundlage aller Folgerungen. Sie wird um so befriedigender ausfallen, je schärfer man die Verhältnisse ausdrücken, je bestimmter man sie also in Zahlen wiedergeben kann. Die Unvollständigkeit der gegenwärtigen Untersuchungsweise der Kranken, das subjective Ausschmücken des Wahrgenommenen, wie dieses z. B. bei der Auscultation nur zu häufig vorkommt, und die unberechtigten Schlüsse auf einer unzureichenden Grundlage erklären zum Theil den dem Naturforscher so ungenügend erscheinenden Zustand der heutigen Heilkunde. Die Physiologie kann die mannichfachsten Mittel zu genaueren Ausmessungen und so die Möglichkeit einer besseren Erkenntniss der Beschaffenheit und der Veränderung der Leidenszustände an die Hand geben. Die ärztliche Diagnostik wird allerdings durch die Benutzung derselben verwickelter werden. Der Praktiker darf aber nicht vergessen, dass bleibende Früchte auf keinem Wissensgebiete ohne mühsame Aussaat geerndtet werden.

Der physiologische Versuch erzeugt eine Krankheit, deren erste Ausgangsbedingung man kennt. Dieser Umstand lässt oft die Folgezustände richtiger beurtheilen, als die Leiden des Menschen, deren ursächliche Beziehungen zu einem grossen Theile verborgen bleiben. Man kann häufig die Eigenschaften der kranken Gebilde oder Vorgänge in Thieren vollständiger und mit feineren Hülfsmitteln, als in dem lebenden Menschen untersuchen. Solche Forschungen gestatten Rückschlüsse auf Erscheinungen, die dem praktischen Arzte vorkommen, ohne ihm in genügender Weise zugänglich zu sein. Die

Richtungen, in der Gifte und andere tief eingreifende Körper wirken, lassen sich auf dem Wege des physiologischen Versuches am genauesten verfolgen.

§. 41. Die physiologische Pathologie beschäftigt sich hiernach mit der möglichst genauen Ausmessung und der Darstellung der physiologischen Eigenthümlichkeiten und der Störungen der regelrechten Thätigkeiten. Ihr formulirtes Endziel ist das Streben, nicht nur die durch die Physiologie dargebotenen schärferen und, wo es angeht, numerischen Bestimmungsmethoden anzugeben, sondern auch die einzige, einer Naturwissenschaft gebührende vorurtheilsfreie Untersuchungsweise anschaulich zu machen, jede phantastische, weil unvollständige oder unrichtige Auffassung, so weit es in ihren Kräften steht, zu bannen und zur Einführung des Grundsatzes beizutragen, dass man immer das sicher Erkannte von dem Hypothetischen scharf trenne und nie mehr als jenes zu wissen verpflichtet sei. Sie beschäftigt sich überdiess mit der dem physiologischen Gebiete entsprossenen Untersuchung einer Anzahl krankhafter Zustände, deren Menge mit den Fortschritten der Wissenschaft zunehmen, die aber wahrscheinlich nie der ganzen Summe von Leiden entsprechen wird, die der Arzt am Krankenbette beobachtet, weil sich nicht alle bei den ungleichen Lebensbedingungen des Menschen und der Thiere an diesen letzteren künstlich erzeugen lassen.

I. Formbestandtheile der Nerven und der Ganglien.

§. 42. Eine erschöpfende Darstellung der Gewebelehre des Nervensystemes gehört nicht in den Bereich der physiologischen Pathologie desselben. Diese betrachtet nur diejenigen Thatsachen, welche für die Untersuchung regelwidriger Zustände von Bedeutung sind.

§. 43. Das scheinbar längsgefaserte Bindegewebe, welches die neurilemmatische Hülle der Primitivfasern und der Bündel desselben bildet, findet sich in den verschiedenen Nervenstämmen in ungleicher Menge. Die feineren Zweige haben entweder ein sparsames Neurilemm überhaupt oder dieses häuft sich vorzugsweise in dem Umkreise derselben an. Die Anschauung der Vogelperspective, welche die mikroskopische Untersuchung liefert, zeigt daher in dem letzteren Falle verhältnissmässig breite Seitenstreifen von Bindegewebe und die durch die mittlere Masse desselben nicht klar durchscheinende Anhäufung von Nervenprimitivfasern. Die dickeren und

die dicksten Nervenstämme besonders grösserer Haussäugethiere, z. B. des Pferdes, und hin und wieder des Menschen, enthalten so beträchtliche Mengen von Bindegewebe, dass dieses nicht selten die Nervenfasern theilweise oder gänzlich, selbst nach der Zerfaserung der Bündel, unkenntlich macht. Das Gleiche wiederholt sich für die Nervenknoten der höheren Wirbelthiere, in denen die Scheidenfortsätze oder die Remak'schen Fasern einen bedeutenden Theil der Markfasern immer verdecken. Man darf sich daher mit der Untersuchung solcher Präparate unter Wasser nie begnügen, sondern muss nach Reagentien, die das Bindegewebe durchsichtiger, mithin das Nervenmark kenntlich machen, vor Allem verdünnte Kali- oder Natronlösungen anwenden.

§. 44. Die durch die elastische Zurückziehung des Neurilemms und der Primitivfasern bedingten Wellenbiegungen erzeugen abwechselnd helle und dunkele Streifen, die Fontana'schen Bänder, die sich schon dem freien Auge verrathen, wenn sie in grösseren wechselseitigen Entfernungen an breiteren Nervenstämmen vorhanden sind. Die einseitige oder beiderseitige Trennung eines Nerven bildet die gewöhnlichste Veranlassung der Entstehung derselben. Man sieht sie daher am häufigsten an ausgeschnittenen Nerven und nicht selten an den beiden Stücken von Nervenstämmen, die man im Leben quer getrennt hat. Die der Amputationsstümpfe zeigen sie oft in grösserem Maassstabe. Schwächere Bänder verrathen sich bei der mikroskopischen Untersuchung, vorzugsweise in polarisirtem Lichte.

§. 45. Man nennt das untere Nicol'sche Prisma eines Polarisationsmikroskopes den Polarisator und das obere den Analysator. Jedes von ihnen besteht aus zwei durch Canadabalsam zusammengekitteten Stücken eines Kalkspathprismas. Das untere von diesen verdoppelt die durchgehenden Strahlen und liefert daher ein ordentliches und ein ausserordentliches Bild. Allein das erstere wird an der Grenze der Schicht von Canadabalsam durch totale Reflexion zurückgewiesen, so dass nur die ausserordentlich gebrochenen Strahlen die obere Abtheilung des Nicol durchsetzen.

§. 46. Die Aethermolecüle schwingen in jedem Augenblicke in anderen Richtungen in dem gewöhnlichen, in beständigen Bahnen dagegen in dem polarisirten Lichte. Dieses ist elliptisch-polarisirt, wenn der unveränderliche Weg eine Ellipse bildet. Sind die zwei Achsen der Ellipse unter einander gleich, so hat man einen Kreis und demgemäss kreisförmig- oder circular-polarisirtes Licht. Wird die eine Achse der Ellipse un-

endlich klein, so engt sich diese nahezu zu einer geraden Linie ein. Das geradlinigt polarisirte Licht, das hiernach immer nur näherungsweise auftritt, kommt am häufigsten vor.

§. 47. Die Ebene, in der die Molecüle des Aethers ihre Schwingungen vollführen, heisst die Schwingungsebene. Die Polarisationsebene steht auf ihr nach FRESNEL senkrecht, während die Theorie von NEUMANN zu dem Schlusse führt, dass sie mit ihr zusammenfällt. Obgleich mehr Gründe für diese letztere Annahme zu sprechen scheinen, so ist es doch bis jetzt noch fast allgemein Sitte, die Polarisationsebene als senkrecht auf der Schwingungsebene in den nicht mathematischen Darstellungen anzusehen. Die optische Achse eines doppeltbrechenden Körpers bestimmt sich dadurch, dass ein in ihr dahingehender Strahl nur einfach gebrochen erscheint.

§. 48. Das Nicol'sche Prisma hat oben und unten eine schief gestellte rhombische Endfläche mit ungleichen Diagonalen. Die Richtung der kürzeren derselben entspricht der Schwingungs- und die der längeren der Polarisationsebene des vollständig durchgelassenen ausserordentlichen Strahles oder, wie man auch sagt, des Nicols. Die Achsenrichtung des Nicols liegt in dem Hauptschnitte oder der die optische Achse enthaltenden Ebene des Kalkspathrhomboeders, der in diesem ein Parallelogramm mit zwei Winkelpaaren von 109° 8′ 10″ und 70° 51′ 50″ bildet. Da die Doppelbrechung das gewöhnliche Licht in polarisirtes und zwar hier in linearpolarisirtes verwandelt, so gewährt ein Nicol den Vortheil, solche linearpolarisirte Strahlen ohne Doppelbild herzustellen.

§. 49. Sind die Polarisationsebenen der beiden Nicol einander parallel, so erscheint das Gesichtsfeld des Mikroskopes möglichst hell. Dreht man das eine Nicol um 90°, so dass sich die Polarisationsebenen rechtwinkelig kreuzen, so erhält man das Maximum der Dunkelheit. Man wählt in der Regel diese Stellung, um sich über gewisse optische Eigenschaften eines eingeschalteten mikroskopischen Körpers zu unterrichten. Ist dieser einfachbrechend, so bleibt das Gesichtsfeld dunkel, wie früher. Besitzt er dagegen die Fähigkeit der Doppelbrechung oder eine ihr analoge optische Wirkung, so erscheint er hell und glänzt sogar in dem dunkelen Gesichtsfelde, vorausgesetzt, dass seine optische Achse weder in der gemeinschaftlichen Achse des Nicol und des Mikroskopes dahin geht und er selbst von kleinem Umfange ist, noch jene in der Richtung einer der beiden Polarisationsebenen verläuft.

§. 50. Schaltet man dünne Blättchen doppeltbrechender Körper z. B. solche von Glimmer oder von Gyps zwischen den beiden Nicol ein, so zeigen sie Färbungen, die sich über ihre Gesammtflächen ausdehnen und daher glatte Farben genannt werden. Diese wechseln mit dem Grade der Doppelbrechung, der Dicke und der optischen Achsenrichtung der Blättchen, so wie der gegenseitigen Stellung der Nicol. Man beurtheilt die Farben nach der Scale der Newton'schen Ringe, die sich durch die Interferenz der an und in dünnen Schichten zurückgeworfenen und gebrochenen Strahlen erzeugen und in verschiedene Ordnungen schon von NEWTON selbst gesondert wurden. Die Untersuchungen der Thiergewebe fordern vor Allem ein Gypsblättchen von Roth erster Ordnung. Stellt man es in dem dunkelen Gesichtsfelde des Polarisationsmikroskopes so ein, dass seine Achsenebene einen Winkel von $\pm 45^0$ mit jeder der beiden Polarisationsebenen bildet, so liefert es ein lebhaftes Purpurroth. Dreht man das Blättchen um 45^0, so schwindet die Farbe, weil die Achsenrichtung desselben einer der beiden Polarisationsebenen der Nicol parallel ist. Stellt man endlich die Polarisationsebenen der beiden Nicol parallel, so dass man ein helles Gesichtsfeld ohne das eingeschaltete Blättchen haben würde, so gibt dieses das complementäre Hellgrün statt des Purpurrothes. Die feinsten Blättchen der Art liefern die gleiche Farbe, wie sie durch eine Luftschicht von 565 Milliontheilen Millimeter Dicke in den Newton'schen Ringen auftritt. Nimmt man den mittleren Biot'schen Coëfficienten nämlich 115 an, so hat ein solches Gypsblättchen eine Dicke von 0,068 oder nicht ganz $^1/_{15}$ Millimeter.

§. 51. Man beobachtet immer auf dem günstigeren rothen, und nicht auf dem grünen Gypsgrunde. Jener bleibt unverändert, wenn man einen einfachbrechenden Körper oder einen doppeltbrechenden unter den oben (§. 49) erwähnten Bedingungen, in denen seine doppeltbrechende Wirkung unkenntlich ist, einschaltet. Sonst ändern Körper mit Doppelbrechung oder ihr ähnlichen Wirkungen die Farbe des Gypsgrundes und erzeugen oft die prachtvollsten Färbungen. Man erkennt hierdurch schwächere doppeltbrechende Wirkungen um Vieles leichter, als auf dem blossen dunkelen Grunde des Polarisationsmikroskopes.

§. 52. Da das Neurilemm und die Primitivfasern wie doppeltbrechende Körper wirken, so erscheinen sie hell auf dem dunkelen Grunde des Polarisationsmikroskopes, wenn nicht ihre mit der Längsachse zusammenfallende optische Achsenrichtung einer der beiden

Polarisationsebenen entspricht. Sie erhalten ihre grösste Lichtstärke, so wie jene einen Winkel von 45° mit jeder dieser beiden Ebenen bildet. Sind Wellenbiegungen vorhanden, so entstehen dadurch Bezirke, die entweder nahezu parallel der Achse oder einer der Polarisationsebenen der Nicol für kurze Strecken dahingehen. Man erhält demgemäss helle Stellen und schattige Bänder, die um so dunkeler sind, je mehr ihre Orte den eben bezeichneten Richtungen entsprechen. Die Vertheilung von Licht und Schatten wechselt aber, wenn man das Präparat in seiner Ebene dreht. Alle diese Erscheinungen wiederholen sich auf dem rothen Gypsgrunde mit mannichfachen Farbenänderungen. Dieses Verfahren lässt Wellenbiegungen, die den Querdurchmesser des Nervenbündels ganz oder theilweise durchsetzen und dem Anblicke bei der mikroskopischen Untersuchung in gewöhnlichem Lichte entgehen, mit Leichtigkeit erkennen.

§. 53. Die künstliche Einspritzung der feinsten Blutgefässe, die in den neurilemmatischen Bindegewebsmassen der Nerven und der Ganglien verlaufen, ist in vielen Fällen der Nebenverhältnisse wegen unmöglich. Man kann überdies nie auf das Gelingen derselben mit Sicherheit rechnen. Sie verwischt endlich häufig die Merkmale der Blutüberfüllung, wenn die Gefässe nicht zu sehr ausgedehnt werden. Man wird hier ein anderes Verfahren, das sich auch auf die übrigen Gewebe anwenden lässt, mit Nutzen gebrauchen. Das frische Präparat, dessen Haargefässe mit Blut gefüllt sind, kommt für einige Zeit in verdünnte Salpetersäure. Es wird später trocken oder in einer passenden Erhaltungsflüssigkeit aufbewahrt. Die Salpetersäure führt zur Gerinnung des Blutes in den Haargefässen und macht zugleich die Farbe desselben dunkeler.

§. 54. Man kann die Markfasern nur dann mit hinreichender Sicherheit untersuchen, wenn sie vollkommen gesondert worden oder dünne, von durchsichtigen Bindegewebsmassen umgebene Bündel bilden. Verlaufen sie zwischen Gewebtheilen, die der letzteren Bedingung nicht vollkommen Genüge leisten, z. B. zwischen quergestreiften Muskelfasern, so pflegt man durch den Druck des Compressoriums, durch Essigsäure und andere durchsichtiger machende Mittel nachzuhelfen. Will man vor Täuschungen sicher sein, so muss man hier die Veränderungen Schritt für Schritt verfolgen. Man sieht dann, dass nicht selten ein Theil des Markes seitlich austritt und das Trugbild einer Theilung der Primitivfaser auf diesem Wege erzeugt wird. Diese scheint in anderen Fällen aufzuhören, weil die ferneren Abschnitte ihres Markes und selbst ihrer Hülle

unkenntlich wurden. Nervenfasern, die umbiegend in die Tiefe gehen, erscheinen plötzlich abgebrochen. Diese künstlich hervorgerufenen Trugbilder spielen nicht selten eine bedeutende Rolle in den über den Endverlauf der Nerven gemachten Angaben.

§. 55. Alle Nervenfasern, die ihre naturgemässe Gestalt bewahrt haben, bilden Cylinder, die nahezu den gleichen Querschnitt längs der kurzen Strecke, die man in dem Gesichtsfelde der gewöhnlichen Mikroskope bei 150 bis 500facher Linearvergrösserung überblicken kann, darbieten. Die breiten Fasern der vorderen Rückenmarkswurzeln verschmälern sich bedeutend, bis sie die Endgeflechte der Muskeln erreicht haben. Sie verdünnen sich aber in der Regel nicht so plötzlich, dass der Unterschied an einer kleinen Längenausdehnung derselben Faser sogleich in die Augen fiele. Theilungen dagegen pflegen zu Vergrösserungen oder Verkleinerungen der Durchmesser zu führen, die sich dem ersten Anblicke verrathen. Alle Varicositäten oder andere, von der Cylindergestalt wesentlich abweichende Formen sind Kunsterzeugnisse. Sie entstehen in dem peripherischen Nervensysteme am leichtesten durch die Zerfaserung der Ganglien oder anderer fester Massen, in denen die Nervenfasern in verschiedenen Richtungen dahingehen. Die Weichheit der centralen Nervengebilde ist die Ursache, weshalb sie hier häufig durch Druck erzeugt werden. Sie sind immer nur eine Folge der ungleichen Druckvertheilung. Der Wechsel der Widerstände in den einzelnen Bezirken macht eine Verschiedenheit des Ausweichens der Markmasse möglich. Dieses setzt aber einen gewissen Grad von Flüssigkeit der letzteren voraus. Eine grössere Starrheit des ganz frischen und vorzugsweise die des vollständig geronnenen Markes wirken daher der Varicositätenbildung in merklichem Maasse entgegen.

§. 56. Untersucht man die unversehrten gesonderten Markfasern eines eben getödteten Wirbelthieres, so erkennt man im günstigsten Falle die Hülle oder die Schwann'sche Scheide und das gleichartig erscheinende milchglasartige Mark. Der Schattenton, den die Ränder darbieten, bleibt in der Regel unverändert, wenn man ein über dem Ocular aufgesetztes Nicol um seine Achse dreht. Man kann hieraus schliessen, dass er nicht von der gänzlichen Zurückwerfung einer der beiden Strahlen der Doppelbrechung herrührt.

§. 57. Die scheinbare Gleichartigkeit einer Masse, die man unter dem Mikroskope beobachtet, gestattet noch keinen Rückschluss auf die wirkliche. Die Lichtstärke und die Richtung der

Strahlen üben hier die wesentlichsten Einflüsse aus. Halten wir uns an die gewöhnliche Untersuchungsweise bei durchfallendem Lichte, so dient uns die Ungleichheit der Lichtstärke, die Erkenntniss der helleren und der dunkleren Partieen, um die Einzelnheiten eines mikroskopischen Gegenstandes zu unterscheiden. Hat man einen weniger durchsichtigen neben einem durchsichtigeren Theile, so kann sich die Verschiedenheit beider in sehr intensivem Lichte verwischen, weil das Bild des helleren Theiles auf der Netzhaut um so mehr ausstrahlt oder irradiirt, je grösser die Lichtstärke ist. Dieser Umstand greift um so nachdrücklicher ein, je kleiner der undurchsichtigere Gegenstand und je geringer der Unterschied der Lichtstärke von ihm und seiner Nachbarschaft ist. Mikroskope mit allzuhellem Gesichtsfelde zeigen daher feine Einzelnheiten weniger leicht. Der Nutzen der Beschattung bei der Untersuchung zarterer Gegenstände ergibt sich aus dem eben Dargestellten.

§. 58. Die Richtung der Lichtstrahlen kommt in mehrfacher Hinsicht in Betracht. Es hängt von ihr ab, ob und in welchem Grade sich ein mikroskopischer Theil durch seine Schatten kenntlich macht. Das schiefe Licht bringt daher Einzelnheiten zum Vorschein, die das gerade nicht verräth und umgekehrt. Der Nutzen der schiefen Beleuchtung, für deren Herstellung der Spiegel der neueren Mikroskope vielseitiger beweglich gemacht worden, erklärt sich hieraus ohne weiteres. Untersucht man bei divergirendem oder convergirendem Lichte, so ist es nicht gleichgültig, ob man die Randstrahlen durch die gewöhnlichen Arten der Schattenscheiben oder der einsetzbaren Blendungen, oder die centralen Strahlen durch besondere Vorrichtungen abhält.

§. 59. Der Brechungscoëfficient des mikroskopischen Gegenstandes macht seinen Einfluss in doppelter Weise geltend. Die dunkelen, keinen einfachen Schatten entsprechenden Begrenzungen der mikroskopischen Gegenstände können davon herrühren, dass hier die von dem Spiegel heraufkommenden Strahlen gänzlich zurückgeworfen werden und daher nicht nach den Objectivlinsen des Mikroskopes emporgehen. Sie erzeugen sich in anderen Fällen, weil die Brechung die Strahlen so sehr divergiren lässt, dass sie ausserhalb des Bezirkes jener Linsen bei ihrem ferneren Verlaufe liegen. Die Grenzfälle der totalen Reflexion und der eben erwähnten allzugrossen Divergenz der Strahlen hängen von dem Brechungscoëfficienten ab.

§. 60. Ungleichartige Gegenstände werden unter dem Mikroskope gleichartig erscheinen, wenn sie annähernd denselben Grad

von Durchsichtigkeit haben, wenn man eine unpassende Lichtstärke benutzt, wenn die Richtung der Strahlen keine Schattenbildung verursacht hat oder der relative Brechungscoëfficient des ungleichartigen Gegenstandes in Bezug auf sein benachbartes Mittel weder eine gänzliche Zurückwerfung, noch eine allzugrosse Divergenz der Strahlen herbeiführt. Wir können die Beleuchtung und die Richtung der Strahlen willkürlich ändern, nicht aber die Grösse der Transparenz und die des Ablenkungscoëfficienten. Wir haben also nicht immer die Mittel in der Hand, zwei von einander verschiedene Gegenstände als solche unter dem Mikroskope zu unterscheiden. Hätte man diesen Punkt berücksichtigt, so würde man die Streitfrage, ob eine Zelle immer eine Zellenhaut besitzt, anders, als es geschehen ist, aufgefasst haben. Es ergibt sich aber aus dem Dargestellten, dass wir bei mikroskopischen Untersuchungen nie sagen dürfen, dass eine Masse unzweifelhaft gleichartig sei. Die Uebereinstimmung der Form, der Transparenz und des Brechungscoëfficienten mit den entsprechenden Eigenschaften der Nachbarschaft kann hier alle Unterschiede unkenntlich machen.

§. 61. Halten wir dieses fest, so gestattet die Gleichartigkeit des Aussehens des frischen Nervenmarkes keine Folgerung über die wahre Homogeneität desselben. Sie kann nie mit Sicherheit behauptet werden. Das Gegentheil derselben ist aber auch nicht bewiesen, solange man nicht dargethan, dass diejenigen Centraltheile, die man das Primitivband oder den Achsencylinder nennt, ohne alle Zersetzung des lebenden Markes sichtbar werden. Manche Täuschungen und unvollständige Untersuchungen haben nicht selten bei der Bestimmung dieser Gebilde irre geleitet. Ein unzweifelhaftes Primitivband ist ein meist plattes längsgestreiftes Gebilde, das in der Längsachse der Nervenfaser in der Mitte dahingeht und bei dem Zerreissen derselben nicht selten als ein peitschenartiges Bruchstück seiner grösseren Consistenz wegen an dem einen Ende hervortritt. Es ist aber nicht gerechtfertigt, jeden durch die Selbstzersetzung des Markes oder ein Reagens erzeugten dunkelen centralen Streifen als Primitivband oder Achsencylinder anzusprechen. Hält man sich an die ursprüngliche Beschreibung des letzteren, so sollte er einen hellen mittleren, oft wellig oder sonst ungleich begrenzten Streifen bilden. Man hat daher später oft genug von einem Achsencylinder gesprochen, wenn nur die in der Mitte nicht geronnene Markmasse von der seitlichen abstach.

§. 62. Die Leichtigkeit, mit der sich ein Unterschied zwischen dem peripherischen und dem centralen Theile des Markes erzeugt, lässt vermuthen, dass ein solcher schon in geringerem Grade in der frischen Nervenfaser vorhanden ist und sich nur durch die spätern Einwirkungen vergrössert. Andere Erfahrungen scheinen anzudeuten, dass eine concentrische Schichtung dem Baue des Markes zum Grunde liegt. Man bemerkt sie nicht selten, wenn man feine Querschnitte von Nerven, die in Chromsäure erhärtet worden, unter starken Vergrösserungen untersucht. Der Umstand, dass alle jungen Nervenfasern schmale Markcylinder enthalten und der Querschnitt von diesen oft allmählich breiter wird, lässt sich als die einfachste Ursache jener concentrischen Schichtung ansehen.

§. 63. Die Gerinnung des Markes beginnt in der Regel mit der Faltung der Seitenränder, die dann doppelte dunkele Contouren darbieten. Man hat in diesem Falle noch die milchglashelle Masse des lebenden Nerven in dem grössten übrigen Theile des Querschnittes des Markes. Wir wollen diese erste Veränderungsstufe die Randgerinnung nennen. Die durch den Gerinnungsprocess erzeugte Faltenbildung greift später immer weiter um sich. Sieht man sie im Anfange auf dem aus der Vogelperspective betrachteten Flächentheile nicht, weil hier die Gelegenheit zur Schattenbildung fehlt, so tritt sie auch hier bei dieser Stufe der vollständigeren Gerinnung auf. Die Falten werden überdies mannichfaltiger und die Trennungen der Marktheile durchgreifender. Dieses schreitet fort, bis die Gesammtgerinnung eingetreten. Der Zerfall der Markmasse beschliesst endlich den Zersetzungsprocess.

§. 64. Die seitliche Gerinnung erzeugt sich so leicht, dass man sie schon an vielen frischen Fasern bemerkt, die man mit Nadeln gesondert, sonst aber keinen schädlichen Eingriffen ausgesetzt hat. Sie tritt auf, man mag das Präparat in gewöhnlicher Luft oder in einem mit Wasserdampf gesättigten Raume untersuchen. Das Letztere geschieht am einfachsten, wenn man eine Anzahl mit Wasser durchtränkter Leinwandfäden sternförmig auf dem Objectglase vertheilt und ihre inneren Endstücke mit dem Deckgläschen so belegt, dass das aus ihnen austretende Wasser das mikroskopische Präparat nicht berührt. Die Zerrung und die neue Vertheilung oder andere Veränderungen der Ernährungsflüssigkeit reichen hin, die erste Stufe der Gerinnung einzuleiten. Da Markfasern, die solchen Eingriffen nicht ausgesetzt waren, oft genug die längste Zeit an der

Luft gleichartig bleiben, so folgt, dass die Wirkung des Sauerstoffes die Faltenbildung nicht nothwendiger Weise hervorruft.

§. 65. Man bemerkt bisweilen eine andere Art von Gerinnung, bei der die Faltenbildung mangelt oder nur beschränkt auftritt. Die Markmasse wird trüber und besteht aus zahlreichen in wenig Zwischenmasse eingebetteten grösseren oder kleineren Körnchen. Wir wollen daher diese die körnige Gerinnung nennen.

§. 66. Die mikroskopische Untersuchung lehrt schon, dass oft die Markgerinnung an unmittelbar benachbarten Stellen verschieden ausfällt. Diese Oertlichkeit der Veränderung verräth sich auch in den Thätigkeitsäusserungen. Eine die Randgerinnung darbietende Nervenfaser kann noch ihre Lebenswirkungen entwickeln.

§. 67. Die Beobachtung in polarisirtem Lichte hat eine durchgreifende Bedeutung für die markigen Nervenfasern, weil sie ausgedehntere Hülfsmittel der Erkenntniss, als die in gewöhnlichem Lichte verschafft. Die nähere Betrachtung des Charakters der Doppelbrechung wird uns dieses klar machen.

§. 68. Manche Gewebtheile, z. B. die Hornmassen, wirken wie doppeltbrechende Körper, die zwei verschieden gerichtete optische Achsen haben. Eine zweiachsige Masse nähert sich aber um so mehr einer einachsigen, je kleiner der Winkel ist, den die beiden optischen Achsen unter einander bilden. Nimmt dieser bis Null ab, so fallen die zwei optischen Achsen zusammen. Man hat einen einachsigen Körper. Die Nervenfasern wirken nahezu oder wahrhaft, wie einachsige Massen. Ihre Längsachse entspricht der optischen Achsenrichtung.

§. 69. Ein doppeltbrechender Körper liefert zwei Bilder, wenn in ihm die Unruhe der Aethertheilchen mit verschiedener Schnelligkeit nach den verschiedenen Richtungen fortschreitet. Da sich aber die Brechungscoëfficienten umgekehrt, wie diese Fortpflanzungsgeschwindigkeiten ändern, so hat auch der ordentliche Strahl einen andern Ablenkungsindex als der ausserordentliche. Ist der des letzteren der grössere, so schreibt man einen positiven Charakter einem einachsigen Körper zu. Er ist negativ, wenn der Brechungscoëfficient des ausserordentlichen Strahles den kleineren Werth besitzt. Man findet z. B. diese letztere Eigenschaft in dem Kalkspathe und auf ihr beruht die Möglichkeit, den ordentlichen Strahl des Nicol an der Grenze der Schicht von Canadabalsam gänzlich zurückwerfen zu lassen (§. 45.).

§. 70. Es ist oft nicht möglich, die Grössen der Ablenkungsverhältnisse der beiden Strahlen eines doppeltbrechenden Körpers unmittelbar zu messen. Man hat daher andere Mittel zu Hilfe gezogen, den Charakter zu bestimmen. Die sogenannte gleichartige oder ungleichartige Verdoppelung fand in dieser Hinsicht die vielseitigste Anwendung. Wir wollen dieses Princip an dem Einzelfalle, der uns hier angeht, näher erläutern.

§. 71. Nehmen wir an, wir hätten ein Gypsblättchen von Roth erster Ordnung (§. 50.) zwischen den beiden Nicols, deren Polarisationsebenen rechtwinkelig gekreuzt sind, unter $\pm 45^0$ eingeschaltet, so erscheint das Gesichtsfeld purpurroth. Der Gyps selbst gehört zu den positiven Körpern. Schalten wir nun einen anderen doppeltbrechenden Körper so ein, dass seine Achsenrichtung mit der des Gypses zusammenfällt, so wirkt er in gleichem Sinne wie dieser. Die Farbe ändert sich, als hätte man eine dickere Schicht für die Erzeugung der Newton'schen Ringe. Man nennt dieses das Steigen der Farbe. Das Purpurroth, das einer Dicke von 565 Milliontheilen Millimeter Luft entspricht, wird zu Violett mit dem Werthe 575, zu Indigoblau mit 589, zu Blau mit 664 oder zu Grün mit 747, je nach der Dicke des eingeschalteten Körpers und der Stärke der Doppelbrechung desselben. Ist dagegen die Masse negativ, so wirkt sie dem Gypse entgegen. Es ist eben so gut, als hätte die Dicke des Gypsblättchens abgenommen. Man hat ein Fallen der Farben. Das Purpurroth von 565 geht in Dunkelroth von 551, in warmes Roth von 536, in Orange von 505, in Orangegelb von 430, in Hellgelb von 306 oder in Gelblichweiss von 267 über. Das Sinken der Farbe wächst wiederum mit der Dicke und der Stärke der Doppelbrechung des Einschaltungskörpers. Kreuzen sich die Achsenebenen des letzteren und des Gypsblättchens unter rechten Winkeln, so hat man das Entgegengesetzte, wie bei den parallelen Stellungen. Positive Körper führen zu einem Sinken und negative zu einem Steigen der Farben.

§. 72. Diese Prüfungen gelten nur so lange, als der Einschaltungskörper nicht schon von sich aus lebhafte Färbungen hervorruft. Er muss daher nur weissglänzend in dem dunkelen Gesichtsfelde erscheinen. Legt man die Längsachse einer einzelnen quergestreiften Muskelfaser eines Menschen oder eines Wirbelthieres, der Achsenebene des Gypses parallel, so erscheint sie blau auf dem rothen Gypsgrund. Sie hat also einen verhältnissmässig positiven Charakter. Legt man dagegen ein Stück eines ganzen dünnen, parallel

faserigen Muskels unter, so können sich gelbe Färbungen selbst bei dem Parallelismus der Längsrichtungen der Muskelfasern und der Achsenebene des Gypses einstellen. Die Entfernung des Gypsblättchens lehrt dann, dass immer noch die lebhaften Polarisationsfarben zurückbleiben.

§. 73. Die Bindegewebsmassen des Neurilemms und die Hülle oder die Schwann'sche Scheide der Nervenfaser sind positiv, wie die Muskelfasern, der Markcylinder dagegen negativ in Bezug auf die Längsachse. Stellt man z. B. einen der dünnen Nervenstämme, die von den Rückenmuskeln des Frosches zu der Rückenhaut gehen, unter + 45 auf dem rothen Gypsgrunde ein, so sieht man zwei blaue Seitenbänder, die dem Neurilemm entsprechen und ein stark gelbes Mittelband, das von der überwiegenden negativen Wirkung des Markes über die Hüllen der Primitivfasern herrührt. Dreht man das Präparat in seiner Ebene um 45°, so erscheinen alle Theile roth, deren Achsenrichtung in eine der Polarisationsebenen der beiden Nicol fällt. Geht man um 45° weiter, also um 90° von der Ursprungsstellung, so wird Gelb, was in dieser Blau war und umgekehrt.

§. 74. Die Negativität des Markes liefert ein Erkenntnissmittel von Markmassen, die sich in gewöhnlichem Lichte nicht verrathen und selbst auf dem dunkelen Grunde des Polarisationsmikroskopes übersehen werden. Die Feinheit der Unterscheidung hängt aber von der Leistungsfähigkeit des Gypsblättchens ab. Hat es genau die §. 71. erwähnte Dicke, so dass es ein reines Purpurroth liefert, so kann man mit ihm geringe Grade der Doppelbrechung und den Charakter derselben erkennen, die man mit anderen feineren Hilfsmitteln, wie z. B. dem Sénarmont'schen mehrfachen Quarzprisma, der Bravais'schen Doppelplatte und weniger noch mit dünnen Glimmerblättchen wahrnimmt. Ein Gypsblättchen dagegen, das dem Werthe 575 entspricht und ein mehr oder minder ausgesprochenes Violett liefert, arbeitet schon mit einer merklich grössern Stumpfheit, als ein solches von 565. Eines von 551 mit dunklerem Roth lässt sich für zartere Untersuchungen noch weniger anwenden. Man muss daher das Gypsblättchen sorgfältig auswählen.

§. 75. Die empfindlichste Vorrichtung hat noch immer eine gewisse Grenze ihrer Wirksamkeit. So sicher die Farbenänderung die Doppelbrechung oder ihr ähnliche Wirkungen nachweist, so wenig darf man auf die Abwesenheit derselben schliessen, wenn unser Auge keinen Farbenwechsel wahrnimmt. Die Vorsicht der Beurtheilung ist bei mikroskopischen Untersuchungen um so mehr

geboten, als man es hier immer mit sehr dünnen und oft überdiess schwach doppeltbrechenden Körpern zu thun hat. Zerlegt man einen Rückenhautnerven des Frosches, der ein lebhaft gelbes Band bei paralleler Stellung seiner Längsachse und der Achsenebene des Gypses gegeben hat, in seine Primitivfasern, so zeigt das nicht geronnene Mark einer einzelnen Faser keine gelbe Färbung unter den gleichen Verhältnissen. Der purpurrothe Gypsgrund scheint vielmehr mit einer nur unter den günstigsten Bedingungen wahrnehmbaren Nuance von Dunkelroth durch. Wollte man hieraus schliessen, dass die doppeltbrechende Wirkung der ungeronnenen Markmasse der Nervenfasern nicht zukommt, so würde man wesentlich irren. Das empfindlichste Gypsblättchen gibt dann vielmehr nur keine für unser Auge kenntliche Farbenänderung, weil eine einzelne Nervenfaser zu dünn ist. Verdickt man die Platte, indem man ein Nervenbündel oder ein hinreichend durchsichtiges Nervenstämmchen nimmt, so tritt der negative Charakter sogleich hervor.

§. 76. Aendert sich aus irgend einem Grunde das wechselseitige Verhältniss der Ablenkungscoëfficienten der beiden Strahlen, die der doppelt brechende Körper liefert, so werden auch demgemäss die Farbenwirkungen wechseln. Da das Nervenmark negativ ist, so besitzt sein ordentlicher Strahl einen grösseren Ablenkungscoëfficienten, als der ausserordentliche. Nehmen wir nun an, der Werth des ersteren sänke bei irgend einem Molecularumsatze, der den Nerven trifft, in stetiger Weise, so würde ein Nerv, der zuerst auf dem rothen Grunde Gelbweiss gab, Hellgelb, Orange und Dunkelroth der Reihe nach liefern. Ginge der Brechungscoëfficient des ordentlichen Strahles so weit herunter, dass er dem des ausserordentlichen gliche, so müsste sich das Nervenmark wie ein einfachbrechender Körper verhalten und den purpurrothen Gypsgrund unverändert wiedergeben. Es würde positiv, wenn sich das Brechungsverhältniss des ordentlichen Strahles noch ferner verkleinerte. Man erhielte daher der Reihe nach Violett, Blau und Grün.

Die Frage, ob sich die doppeltbrechenden Eigenschaften des Markes während der Nerventhätigkeit ändern, wird sich durch die Beobachtung der Farbe verfolgen lassen. Bleibt aber z. B. das Gelb für unser Auge, während ein galvanischer Strom durch den Nerven geht, unverändert; so können wir nur schliessen, dass kein bedeutender Wechsel eingreift, nicht aber alle Möglichkeit desselben in Abrede stellen.

§. 77. Die Gerinnung des Markes verstärkt die doppeltbrechende Wirkung desselben in hohem Grade, ohne den negativen Charakter zu beseitigen. Die Faltenbildung erzeugt neue Ränder, an denen immer die Lichtänderung auf dunkelm und der Farbenwechsel auf rothem Grunde leichter zum Vorschein kommen. Vereinzelte Primitivfasern, welche nur die Randgerinnung darbieten, zeigen die gelben Streifen an den Seiten, während der gleichartiger erscheinende Mitteltheil den rothen Gypsgrund vorherrschend wiedergibt. Die stärker geronnenen Massen verrathen sich schon in dem dunkeln Gesichtsfelde des Mikroskopes als helle silberglänzende Körper. Ihre gelbe Färbung zeichnet sie ebenso auf dem rothen Gypsgrunde aus. Die körnige Gerinnung ist im Allgemeinen mit einem geringern Grade doppeltbrechender Wirkung verbunden, als die faltige. Es kommt daher vor, dass das dunkele Gesichtsfeld und selbst der rothe Gypsgrund nur die Anwesenheit von dünnen Marktheilen verräth, welche die Faltenbildung darbieten.

§. 78. Will man die farbenändernde Wirkung verstärken, so befeuchtet man die Nerven oder nervöse Theile, wie die Netzhaut, mit Glycerin. Schon das freie Auge verräth dann die eigenthümliche Gerinnung durch eine auffallende milchige Trübung. Der Charakter der Doppelbrechung wird weder durch dieses Reagens, noch durch die Einwirkung von Weingeist oder von Chromsäure geändert. Die letztere kann aber die Doppelbrechung gleich anderen Säuren zerstören, wenn sie in zu grosser Concentration oder zu lange einwirkt.

§. 79. Die Negativität des Markes macht es möglich, dieses in polarisirtem Lichte an Stellen zu erkennen, welche die Untersuchung in gewöhnlichem Lichte als marklos erscheinen lässt. Die Fasern des Geruchsnerven liefern das auffallendste Beispiel der Art. Während man ihren Markinhalt nach den Beobachtungen in gewöhnlichem Lichte leugnete, zeigt der rothe Gypsgrund die gelbe Färbung bei paralleler Lage der Achsenebene und der Längsrichtung der Fasern. Man sieht hieraus, dass die körnige Masse, die aus ihnen unter dem Einflusse des Druckes hervortritt, den optischen Charakter der Markmasse darbietet. Dasselbe wiederholt sich bei der embryonalen Entwickelung. Das polarisirte Licht verräth hier schon die Anwesenheit von Mark, wo es das gewöhnliche Licht noch nicht erkennen lässt.

§. 80. Es ergibt sich hieraus, dass man nie berechtigt ist, von wahrhaft marklosen Fasern mit Sicherheit zu sprechen. Verrathen

diese auch nicht die Merkmale der negativen Beschaffenheit mit den Untersuchungsmitteln, die uns zu Gebote stehen, so können immer noch feinere den Beweis liefern. Diese Möglichkeit ist um so wahrscheinlicher, als es sich hier um so dünne Theile handelt, dass jedenfalls nur schwache Wirkungen zum Vorschein kommen und eine Uebereinanderlagerung, wie bei den Primitivfasern der freien Nervenstämme (§. 75.) nicht herzustellen ist.

§. 81. Hätte man ein Verfahren, nicht bloss die leicht kenntlichen Endgeflechte, sondern auch den Schlussverlauf der Nerven durch irgend ein Reagens ebenso sichtbar zu machen, wie die Haargefässnetze durch die künstliche Einspritzung, so würde die Lehre von den Nervenenden die sicherste Grundlage gewinnen. Die in kurzen Zeiträumen wechselnden Angaben zeigen unmittelbar, dass die Geschichte der Literatur hier ein Gemenge von Wahrheit und Dichtung enthält, wie auf wenig anderen Wissensgebieten. Die einfachen Umbiegungsschlingen lassen sich in der Zahnpulpe, in günstigen Muskelpräparaten und besonders in dem inneren Gehörorgan leicht nachweisen. Man kann sie in dem in Glycerin aufbewahrten Vorhofe des Frosches noch nach Jahren erkennen und zu einem belehrenden Versuche gebrauchen. Stellt man z. B. die Längsachse desjenigen Theiles, der an den Bogen der Schlinge grenzt, parallel der Achsenebene des Gypses unter $+ 45^0$, so geht natürlich der Bogentheil selbst mehr oder minder unter $- 45^0$ dahin. Jener erscheint also gelb und dieser blau.

§. 82. Wenn man die Anwesenheit der Schlingen leugnete, weil man aus ihnen die Nervenwirkung nicht begreifen könne, so hatte dieses die gleiche Berechtigung, als wenn man die Polarisationsfarben in Abrede stellte, weil sie sich nicht durch die Newton'schen Anwandlungen erklären liessen. Jener Ansicht entsprechend glaubte man auch im Anfange freie Nervenenden zu finden. Die vorausgesetzte Analogie mit den Pacini'schen Körperchen führte in dieser Hinsicht zu den mannichfachsten, wiederum bestrittenen Einzelangaben. Manche Schriftsteller erklärten gleichzeitig die Endschlingen für physiologische Unmöglichkeiten und die Endnetze für anatomische Wahrheiten. Die Annahme von Aehnlichkeiten mit den elektrischen Platten der Zitterfische wurde von noch Anderen zu Hilfe gezogen. Man hat elastische Fasern, Epithelialzellen, Kerne, Bruchstücke zerrissener Theile und andere Gebilde, die in keinem unmittelbaren Zusammenhange mit den Nerven stehen, als besondere Endorgane angesehen oder mit ihnen in Beziehung gebracht.

§. 83. Der Gedanke, dass nur freie Nervenenden die gesonderte Empfindung möglich machen, hat auch den Stäbchen der Jacob'schen Membran die Rolle von Nervenenden ursprünglich zugewiesen. Man suchte später diese ihre Bedeutung durch Beobachtungen, die über die Beschattung des Gesichtsfeldes durch undurchsichtige Blutgefässe oder die venöse Figur des Auges angestellt wurden, zu stützen. Das polarisirte Licht spricht nicht für jene Auffassungsweise. Behandelt man die Stäbchen mit Glycerin, so geben sie sehr lebhafte Polarisationsfarben auf dem rothen Gypsgrunde. Sie erweisen sich dabei aber als positiv in Bezug auf die Längsachse. Ihr Charakter ist also dem des Nervenmarkes entgegengesetzt.

§. 84. Die bindegewebige concentrisch geschichtete Kapsel der Pacini'schen Körperchen zeigt sich ihrer Hauptmasse nach positiv in Bezug auf die Längsachse und die in dem Innern verlaufende Nervenfaser negativ. So oft es auch vorkommt, dass diese früher oder später in dem Centralcanale erblasst und frei zu endigen scheint, so lässt sich doch auch in freilich seltenen Fällen nachweisen, dass sie wiederum aus dem Pacini'schen Körperchen austritt, um gesondert weiter zu verlaufen oder sich einem benachbarten Nervenstamme anzuschliessen.

§. 85. Die Ganglienkugeln besitzen keine unzweifelhaft nachweisbar doppeltbrechende Wirkung. Man urtheilt hier am sichersten, wenn man sie vollkommen isolirt untersucht. Man kann aber auch schon das Gleiche an den durchsichtigen Sympathicusganglien des Frosches bemerken, wenn noch die Ganglienkugeln von den dünnen doppeltbrechenden Scheiden umgeben sind. Diese und die Scheidenfortsätze oder die Remak'schen Fasern sind in Bezug auf die Längsachse positiv. Die Negativität des Inhaltes charakterisirt wiederum die in den Ganglien und den grauen Zweigen enthaltenen Markfasern.

§. 86. Wer sich mit der Untersuchung der Nervenknoten anhaltend beschäftigt, wird immer mehr die Ueberzeugung gewinnen, dass die unipolaren Ganglienkugeln keine Naturerzeugnisse, sondern nur die Zerstörungsproducte bipolarer sind. Die gewöhnlichste, in dem Gasser'schen und nächstdem in dem Vagusknoten der Fische z. B. des Hechtes am anschaulichsten nachweisbare Form ist die, dass sich eine Ganglienkugel mitten im Verlaufe einer markigen Nervenfaser einschaltet. Die Hülle schwillt für sie bauchig an. Das Mark erscheint durch die körnige Grundmasse der letzteren unterbrochen. Zeigen sich Bruchstücke desselben auf der Fläche der

Ganglienkugel, so rührt dieses von der zerstörenden Druckwirkung bei der Präparation her. Das Urtheil über die Angaben, dass die Ganglienkugel eine Fortsetzung des Achsencylinders sei, dass sich der letztere bis zu dem Kernkörperchen derselben erstrecke, muss der Zukunft anheimgestellt bleiben. Reisst der eine Theil des Nerven dicht an der Ganglienkugel ab, so erscheint diese unipolar. Rollt man ein solches Präparat, so gelingt es nicht selten, das noch zurückgebliebene Bruchstück zur Anschauung zu bringen. Man kann die seltener vorkommende Form der multipolaren Ganglienkugel so ansehen, als wäre diese an einer Theilungsstelle der Primitivfaser eingeschaltet. Hüllenlose vereinzelte Ganglienkugeln sind immer eine blosse Folge der Präparation. Erscheinen sie apolar, während sie von einer Hülle umgeben sind, so bleibt immer der Verdacht offen, dass die Fortsätze abgerissen worden. Man findet zwar z. B. in den mikroskopischen Ganglien der Harnblase des Frosches, dass bisweilen eine bedeutend grössere Menge von Ganglienkugeln, als von Nervenfasern vorhanden ist. Allein auch hier lässt sich der Einwand nicht zurückweisen, dass vielleicht eine Nervenfaser von mehreren Ganglienkugeln in ihrem Verlaufe unterbrochen wird.

§. 87. Unterrichtet schon der unmittelbare Anblick hinreichend durchsichtiger Nervenknoten über den Unterschied der durchtretenden und der umspinnenden Nervenfasern, so macht ihn oft die Betrachtung in polarisirtem Lichte auffallender. Hat man ein Hauptbündel der durchtretenden so eingestellt, dass es lebhaft gelb erscheint, so entsprechen die umspinnenden anderen Richtungen. Sie geben daher auch andere Färbungen. Die Prüfung auf dem rothen Gypsgrunde entscheidet oft in den grösseren Ganglien z. B. dem Halsknoten des Sympathicus des Pferdes, ob Faserzüge, deren Bedeutung in gewöhnlichem Lichte zweifelhaft bleibt, ächte Markfasern enthalten oder nicht. Der Gebrauch des Glycerins oder sehr verdünnter Kalilösungen macht bisweilen die Bilder schärfer.

§. 88. Man überzeugt sich leicht in gewöhnlichem, wie in polarisirtem Lichte, dass die Primitivfasern des centralen Nervensystemes einen Markcylinder und eine Hülle bezitzen. Die Prüfung auf dem rothen Gypsgrunde kann alle Zweifel über die Anwesenheit der letzteren beseitigen. Wie in den peripherischen Nerven erscheint sie überall violett, wo nicht das gelbe Mark ihre Wirkung verdeckt. Die Ganglienkugeln des centralen Nervensystemes stimmen mit denen des peripherischen in der

körnigen Beschaffenheit der Grundmasse, der Anwesenheit von Kern und Kernkörperchen, der unmerklichen Doppelbrechung überein. Ihr im Allgemeinen grauweisses und zum Theil körniges Aussehen, die grössere Weichheit und Zerstörbarkeit, die schwerere Darstellung im frischen Zustande, die zartere, oft zweifelhafte Scheidenbildung, der bedeutendere Grössenwechsel und die fast allgemein auftretende multipolare Beschaffenheit vorzüglich nach der Behandlung mit passenden Reagentien, wie Ammoniak, Chromsäure, doppeltchromsauerem Kali, unterscheiden sie von den peripherischen Ganglienkugeln. Ihre durch solche Mittel darstellbaren Fortsätze scheinen überdies in zwei Hauptklassen zu zerfallen. Die einen rühren davon her, dass die Ganglienkugel im Verlaufe einer oder mehrerer centralen Nervenfasern eingeschaltet ist, während die anderen mit Markfasern nicht zusammenhängen, sich in ihrem Verlaufe spalten und sich oft von verschiedenen Ganglienkugeln wechselseitig verbinden. Das polarisirte Licht lehrt, dass sie positiv doppeltbrechend, wie das Bindegewebe sind. Es verräth wiederum bisweilen das negative Mark in Fortsätzen, in denen dasselbe in gewöhnlichem Lichte nicht deutlich erkannt wird.

§. 89. Stösst man auf andere Formelemente, als Ganglienkugeln und Nervenfasern, in der grauen Substanz des Gehirns und des Rückenmarkes, so kann man nicht vorsichtig genug in der Deutung sein. Wer sich mit der Untersuchung des frischen centralen Nervensystemes beschäftigt, macht oft die Erfahrung, dass einzelne Stellen ein Mal die Anwesenheit von Ganglienkugeln, in den häufigsten Fällen dagegen bloss körnige Massen zeigen, die scheinbar ununterbrochen dahingehen und kernkörperchenähnliche Gebilde hier und da erkennen lassen. Man sieht z. B. die so eigenthümlichen räucherkerzchenähnlichen Ganglienkugeln an der äussersten Oberfläche des kleinen Gehirns unter 40 bis 50 Fällen kaum einmal. Eine einzige glückliche Erfahrung genügt aber die Ansicht zurückzuweisen, dass hier die graue Substanz nur aus einer feinkörnigen Masse bestehe.

§. 90. Die Zukunft der wahren und nicht der phantastischen Fortschritte der feineren Anatomie des Nervensystemes liegt in dem passenden Gebrauche von Reagentien, die manche Formverhältnisse leichter kenntlich machen und vielleicht über untergeordnete Unterschiede der einzelnen Gruppen von Ganglienkugeln Aufschluss geben werden. Sollten z. B. fortgesetzte Untersuchungen die aufgestellte Ansicht bestätigen, dass es nicht von zufälligen Nebenbedingungen, sondern von charakteristischen Klassenunterschieden abhängt, ob

die Kernkörperchen, die Kerne oder die Grundmasse der mit Chromsäure behandelten Ganglienkugeln durch karminsaueres Ammoniak früher oder überhaupt roth werden und wie lange die Markmasse der Nervenfasern der Färbung widersteht, nachdem die Hülle und der Achsencylinder dieselbe angenommen haben, so würde dieses einen deutlichen Beleg für den Erfolg glücklich gewählter Reagentien darbieten. Man darf sich aber anderseits nicht verhehlen, dass der Mangel an hinreichend scharfer Kritik der Wirkungsweise gebrauchter Reagentien wesentliche Irrthümer bis jetzt zu Tage gefördert hat. Viele Fortsätze der Ganglienkugeln, die Weingeist-, Chromsäure- oder auf anderm Wege erhärtete Präparate liefern, sind blosse Kunsterzeugnisse, die Folgen der gewaltsamen Trennung verdichteter, gleichsam zusammengebackener und durch das Reagens veränderter Massen. Die nicht passende Anwendung der Chromsäure kann ganze Bezirke des Rückenmarkes gleichartiger erscheinen lassen. Die Annahme beträchtlicher Mengen von Bindegewebe in diesem Theile des centralen Nervensystemes hat ihren Hauptgrund in solchen Trugbildern. Dieses schliesst natürlich die Anwesenheit eines schwächeren, durch salpetersaueres Silber darstellbaren netzförmigen Bindegewebgerüstes (Neuroglia) nicht aus.

§. 91. Man kann die krankhaften Veränderungen der Markfasern mit den gegenwärtigen Forschungsmitteln leichter, als die der Ganglienkugeln erkennen. Die häufig gemachten Angaben, dass die graue Masse an einer bestimmten Stelle erweicht oder erhärtet war, lassen immer bedeutende Zweifel offen. Die Fäulniss und andere unbestimmbare Nebenbedingungen, nicht selten auch die Phantasie des Untersuchenden führten hier zu Funden, die den Lebensverhältnissen nicht entsprachen. Die angebliche Kernvermehrung der Ganglienkugeln nach mechanischen Verletzungen des Gehirns der Kaninchen und bei Dementia paralytica des Menschen [1]) bezieht sich wahrscheinlich darauf, dass häufiger kernkörperchenähnliche Gebilde nicht aber bläschenförmige Kerne in der aus der Zerstörung der Ganglienkugeln hervorgegangenen körnigten Masse gesehen wurden. Erst die Zukunft wird hier nähere Aufschlüsse geben.

§. 92. Hat man einen peripherischen Nervenstamm z. B. den Hüftnerven durchschnitten und ist keine Wiedererzeugung eingetreten, so behalten in der Regel die mit dem Rückenmarke zusammenhängenden Nervenfasern des centralen Abschnittes ihre regelrechte

[1]) W. Tigges, Zeitschrift für Psychiatrie. Bd. XX. 1863. S. 326. 329. 330.

Beschaffenheit bei. Der peripherische dagegen entartet allmählich. Er verliert seine weisse Farbe und wird grauer und weicher. Die Veränderung des Nerveninhaltes tritt in Säugethieren rasch, in Fröschen dagegen um Vieles langsamer ein. Gibt man sich aber die Mühe, die letzteren eine grössere Reihe von Monaten am Leben zu erhalten, so hat man den Vortheil, einen sehr vollständigen Ueberblick über den Gang der Entartung oder der Aenderung der Formbestandtheile, der physikalischen Eigenschaften und der lebendigen Leistungsfähigkeit der Primitivfasern zu erhalten. Man kann sechs auf einander folgende Entartungsstufen unterscheiden.

Die erste, die der leichteren Gerinnbarkeit, zeigt noch keine sichtliche Veränderung der ganz frisch untersuchten Markmasse. Diese gerinnt aber unter dem Einflusse schädlicher Eingriffe, leichter und rascher, als das Mark eines gesunden Nerven. Die zweite Stufe der Einkerbungen, lässt paarweise seitliche Einschnürungen in der sonst unveränderten Marksubstanz erkennen. Die dritte oder die der Querlinien entsteht dadurch, dass sich jene Einkerbungen zu Querlinien, die auf der Längsachse der Fasern nahezu senkrecht stehen, durch weiteres Vordringen vereinigt haben. Das Mark trennt sich hierdurch in eine Anzahl rundlicher bis viereckiger kürzerer oder längerer Abtheilungen. Die vierte Entartungsstufe bildet die der gesonderten Vierecke. Untersucht man dann ein Nervenbündel unter schwächerer Vergrösserung, so hat es das Aussehen, als trennten grössere durchsichtige Zwischenräume die einzelnen Abtheilungen des Markes. Der Gebrauch starker Linsen und gedämpften Lichtes lehrt aber, dass die Lücken meistentheils von einer Masse ausgefüllt werden, die nicht faltig, sondern körnig geronnen ist. Die fünfte Stufe lässt sich als die der Markstreifen bezeichnen, weil jetzt der Nerv eine Menge dunkeler wechselseitig getrennter Streifen bei durchfallendem und heller bei auffallendem Lichte und auf schwarzem Grunde dem freien Auge zeigt. Sie rühren von den in Zersetzung begriffenen und der Aufsaugung verfallenden geronnenen Markmassen her. Die marklosen Abschnitte der Hüllen und des Neurilemms, die eine ausgesprochene Längsfaserung unter starken Vergrösserungen erkennen lassen, bilden die Zwischenräume. Die sechste Stufe endlich oder die der marklosen Hüllen wird dadurch erzeugt, dass das Mark gänzlich oder wenigstens in einer Längenausdehnung von mehreren Millimetern aufgesogen worden.

§. 93. Der Gebrauch des polarisirten Lichtes nützt in mehrfacher Hinsicht bei der Untersuchung dieser entarteten Nervenfasern. Die stärker geronnenen Massen, besonders die der faltigen Gerinnung verfallenen, zeigen den lebhaftesten Silberglanz in dem dunkelen Gesichtsfelde. Die einzelnen zerstreuten Theile derselben leuchten wie Sterne auf finsterem Himmelsgrunde. Man findet bisweilen rundliche Massen derselben, die ein regelmässiges Polarisationskreuz darbieten, also concentrisch geschichtet sind. Bruchstücke einer solchen Kreuzfigur, Andeutungen hyperbolischer Curven oder unregelmässigere Schatten kommen häufiger vor. Man bemerkt diese auch hin und wieder an den geronnenen Markmassen gesunder Nerven. Dünne Schichten des körnig geronnenen Markes zeigen hier ebenfalls eine weit schwächere Doppelbrechung und selbst bisweilen nur zweifelhafte Spuren derselben.

§. 94. Die Entartung geht in warmblütigen Geschöpfen in ähnlicher Weise, als in den Fröschen vor sich. Die Einkerbungen und die Sonderung der Marksubstanz in einzelne Bruchstücke erscheinen nur häufig unregelmässiger. Grössere und kleinere Kugeln sind oft in der Gerinnungsmasse ohne sichtliche Ordnung zerstreut.

§. 95. Der Satz, dass nur der peripherische, nicht aber der centrale Theil des getrennten und nicht wiedererzeugten Nerven entartet, wurde mit Recht benutzt, um über den Verlauf der Nervenfasern Aufschluss zu erhalten. Hat man einen Hüftnerven durchschnitten, so entarten in der Regel nur die Fasern des zu dem Fusse verlaufenden Nervenabschnittes. Ward dagegen der Halsstamm des Sympathicus getrennt, so enthält das centrale Stück eine grosse Menge entarteter Fasern, weil viele aus der Ciliospinalgegend des Rückenmarkes emporsteigen. Der peripherische Theil kann sie ebenfalls darbieten, weil andere Fasern von oben nach unten verlaufen. Dieser beispielsweise angeführte Doppelversuch gelingt nicht bloss leicht in Kaninchen, sondern auch in erstarrten Murmelthieren.

§. 96. Erzeugt sich der Nerv aus irgend einem Grunde nachträglich wieder, so füllen sich die leeren Scheiden von neuem mit Mark, das im Anfange schmäler als später erscheint. PHILIPPEAUX und VULPIAN behaupten, dass dieses auch ohne Wiedererzeugung in jungen Säugethieren möglich sei. Die neuen Nervenfasern, die an der Durchschnittsstelle entstehen, beginnen an den beiderseitigen Enden der alten. Das wiederum im Anfange schmälere Mark lagert sich in ihnen erst später ab.

§. 97. Das Nervenmark kann unter krankhaften Verhältnissen schon im Leben geronnen erscheinen. Fetttröpfchen an verschiedenen Stellen, feinkörnige Ablagerungen in der Mitte oder im Umkreise, mannichfache Producte der Ausschwitzungen sind hin und wieder beobachtet worden.

§. 98. Die wiedererzeugten Ganglienkugeln zeigen die gleichen Hauptbestandtheile, wie die ursprünglich vorhandenen. Diejenigen, welche bei ausgedehnter krankhafter Knotenbildung vorkommen, scheinen sich den Beschreibungen nach durch ihre Blässe auszuzeichnen und in weitmaschigen Bindegewebsnetzen eingebettet zu liegen. Eine genauere Untersuchung dieser seltenen Fälle mit den gegenwärtigen optischen Hülfsmitteln wäre in hohem Grade wünschenswerth. Jede irgend genügende Erkenntniss der krankhaften Veränderungen, besonders der centralen grauen Massen wird erst beginnen können, nachdem die Entdeckung passender Reagentien eine zuverlässigere Untersuchung der regelrechten und der abweichenden Verhältnisse begründet hat.

II. Mechanik der Nerventhätigkeit.

§. 99. Man kann die Nervenprimitivfaser, welche die Wechselwirkung eines peripherischen Theiles mit dem centralen Nervensysteme vermittelt, mit einem Telegraphendrathe vergleichen, der mit einer elektrischen Erregungsvorrichtung an dem einen und einem elektromagnetischen Schreibapparate an dem anderen Ende verbunden ist. Die dem Nerven beiderseits zugesellten Gewebsgruppen weichen immer von der eigenen Masse desselben wesentlich ab. Sie sind Muskelfasern oder andere verkürzungsfähige Gebilde, Gewebe, welche die Sinneseindrücke aufnehmen und verändern, endlich Ganglienkugeln des centralen Nervensystemes.

§. 100. Wir nennen einen Nerven thätig, wenn die Ruhe des stabilen oder labilen Gleichgewichtes seiner Masse gestört, also eine Bewegung seiner Elementarbestandtheile eingeleitet worden. Man ruft häufig diese Veränderung in physiologischen Versuchen künstlich hervor, indem man eine Stelle des Verlaufes der Nervenfaser reizt. Die Krankheiten liefern etwas Aehnliches nur in manchen Fällen. Die erste Erregung der Unruhe geht aber unter natürlichen oder regelrechten Verhältnissen nicht von einer im Verlaufe der Nervenfaser gelegenen Stelle, sondern von den jenseit derselben befindlichen Bestimmungsgliedern aus. Sie erzeugt sich in einer Gruppe centraler

Ganglienkugeln oder hin und wieder vielleicht auch nur in einer einzigen, wenn der Antrieb zur Verkürzung von dem Gehirne oder dem Rückenmarke kommt. Die Gleichgewichtsstörung pflanzt sich daher in der bewegungserregenden oder motorischen Nervenfaser centrifugal, peripherisch oder absteigend fort. Die den Sinneswerkzeugen entsprechenden Endapparate liefern den Anstoss für die Sinneseindrücke, so dass man eine centripetale, centrale oder aufsteigende Leitung für die zu ihnen gehörenden Nervenfasern hat.

§. 101. Beide Fälle gehorchen der Norm, dass derjenige zugesellte Endtheil, der nicht Hammer ist, zum Amboss wird d. h. dass er gewisse Veränderungen unter dem Einflusse der inneren Unruhe der ihm entsprechenden Nerven erleidet, wenn nicht er selbst diese hervorgerufen hat. Gaben die Ganglienkugeln den Antrieb, so ziehen sich die verkürzungsfähigen Gewebe zusammen. Ging die Erregung von den Sinneswerkzeugen aus, so sind es die centralen Ganglienkugeln, die in Folge dessen in Unruhe verfallen.

§. 102. Eine jede Primitivfaser hat einen gewissen Wirkungsbezirk in den ihr beiderseits zugesellten Endtheilen. Sie wird nur von einer beschränkten Gegend des centralen Nervensystemes unmittelbar angeregt oder bestimmt nur eine solche direct zu Gleichgewichtsstörungen. Sie beherrscht einen begrenzten Abschnitt der Muskelmassen oder fasst nur Sinneseindrücke auf, die in einer gegebenen Nachbarschaft ihres peripherischen Endes thätig sind.

§. 103. Zweierlei Vorstellungen sind unter diesen Verhältnissen möglich. Die Unruhe der Nervenmolecüle hat einen Wirkungsbezirk von endlichem Umfange. Ihr Einfluss nimmt zwar nach einer gewissen Function der Entfernung ab, doch so, dass er erst in einem grössern Abstande unendlich klein wird. Oder die Wirkung der benachbarten Nervenmasse auf die Endapparate sinkt mit solcher Schnelligkeit, dass sie schon in jeder endlichen Entfernung Null ist. Der Nerveneinfluss gehörte in dem ersteren Falle zu den Fernwirkungen, wie z. B. die Schwere und die elektrische Induction, und in dem letzteren zu den Molecularthätigkeiten oder, wie LAMONT[1]) es nach seiner Auffassungsweise des Magnetismus nennt, zu den Erscheinungen der Molecularinduction, wie sie bei der Cohäsion, der Elasticität und der chemischen Zersetzung auftreten.

[1]) LAMONT, Magnetismus. In Karsten's Encyklopädie der Physik. S. 178.

Die zweite Annahme muss voraussetzen, dass die thätigen Nervenmolecüle und die Endapparate durch kein unter den stärksten Vergrösserungen kenntliches Zwischengebilde getrennt werden. Man entgeht dieser unwahrscheinlichen Folgerung, wenn man sich vorstellt, dass sich die Fernwirkung der Nervenerregung mit dem Abstande rasch verkleinert, so dass ihr Thätigkeitsbezirk einen zwar geringen aber immer schon endlichen Werth hat.

§. 104. Führt man diesen Gedanken für die Bewegungsnerven näher aus, so gelangt man zu einer Auffassungsweise, welche die eigenthümliche oder Haller'sche Reizbarkeit der Muskelmasse nicht als Ueberfluss erscheinen lässt, wie dieses der Fall wäre, wenn sich alle Theile der Muskelfaser unter dem Einflusse grosser Fernwirkungen der Nerven zusammenzögen.

Da keinesfalls ein Nervenelement zwischen zwei Muskelelementen an allen Orten eingeschaltet ist, so wird die Unruhe der Nervenmolecüle nur einen kleinen Bezirk der benachbarten Muskeltheile zur Verkürzung anregen. Zieht sich dessenungeachtet die Muskelfaser in längeren Strecken zusammen, so kann dieses nur dadurch geschehen, dass sich die Gleichgewichtsstörung eines Muskelquerschnittes auf den benachbarten fortpflanzt. Das Letztere wäre aber nur ein physikalischer Ausdruck für die Haller'sche Reizbarkeit, die, wie man sieht, eingreifen muss, wenn sich die Muskelfaser nicht bloss in der unmittelbaren Nachbarschaft der Nervenenden verkürzen soll.

§. 105. Da jede quergestreifte Muskelfaser von Nervenelementen an verschiedenen Stellen ihres Verlaufes und zwar in ungleichen Entfernungen berührt wird, so gehen von diesen Stellen Verkürzungsströme nach allen Seiten hin aus. Sie interferiren dabei mit den ihnen entgegenkommenden anderer Erregungsbezirke. Die nach beiden Seiten fortschreitenden und oft durch Reflexion zurückkehrenden Wellen eines durch einen Schlag zu einer sogenannten idiomusculären Zusammenziehung bestimmten Muskels kann diesen Vorgang versinnlichen.

§. 106. Wird ein Eisenkern von einer leitenden Spirale, die kürzer als er ist, umgeben, so magnetisiren sich auch die ausserhalb der letzteren liegenden Theile, wenn ein elektrischer Strom durch den Leitungsdrath geht. Die Wirkung desselben richtet die Eisenmolecüle der der Spirale unmittelbar benachbarten Abschnitte in der Art, dass die magnetische Polarität herauskommt. Diese gerichteten Molecüle wirken aber auf die benachbarten und sie nach

ihrer Richtung wiederum auf ihre Nachbarn, so dass auch die freien Eisenstücke magnetisch erscheinen. Die Stärke dieser Veränderung nimmt mit der Entfernung von der inducirenden Spirale ab. Man sieht, dass man die den Nerven unmittelbar berührenden Muskeltheile mit dem von der Spirale umgebenen Abschnitte des Eisenkerns und die übrige Muskelmasse mit dem freien Theile desselben vergleichen kann. Die Richtung der Eisenmolecüle ausserhalb der Spirale hängt von der magnetischen Leitungsfähigkeit ab. Man kann von einer musculösen Leitungsfähigkeit in ähnlicher Weise reden. Wie jene mit der Härte des Stahles und des Eisens abnimmt, so sinkt auch diese unter dem Einflusse von Vergiftungen oder bei dem Verschwinden der Reizbarkeit nach dem Tode in auffallendem Maasse, sei es, dass die Ausdehnung oder dass die Geschwindigkeit der Fortpflanzung geringer wird.

§. 107. Die Drehung der Molecüle des Eisens theilt sich in einer zwar kleinen, aber doch immer merklichen Zeitgrösse von Schicht zu Schicht mit. Dasselbe ist bei den Muskelfasern der Fall. AEBY erhielt 1,3 Meter für die Secundengeschwindigkeit des Verlaufes der Verkürzung von örtlich gereizten Muskeln von Fröschen, die mit Curare vergiftet worden. Die Schnelligkeit nimmt in der Kälte ab und in der Wärme zu. Sie sinkt auch durch die Wirkung von Muskelgiften, wie Antiar, Veratrin oder Cyankalium. Lässt man den elektrischen Strom durch den ganzen Muskel gehen, so zieht er sich an allen Punkten gleichzeitig zusammen. Hat man den einen der beiden Theilungsäste des Nerven, der sich zu dem Adductor magnus des Frosches begibt, durchschnitten, so lehrt die Reizung des Hauptstammes, dass sich die Verkürzung von der nervös angeregten Stelle nach den anderen Theilen des Muskels und zwar mit einer durch den Versuch bestimmbaren Geschwindigkeit fortpflanzt.

§. 108. Da der Elektromagnetismus zu den Inductionswirkungen nach der später ausführlicher darzustellenden Ampère'schen Anschauungsweise gehört, so hat man hier eine erste, genauer durchführbare Aehnlichkeit mit den Inductionserscheinungen. Die Wirkungen der elektrischen Erregung galvanischer Froschpräparate haben zu einer Reihe anderer Parallelen Anlass gegeben. Die zuerst von MARIANINI hervorgehobene Analogie ist später von DU BOIS [1]) und anderen Forschern weiter durchgeführt worden.

[1]) E. DU BOIS, Untersuchungen über thierische Elektricität. Bd. I. 1848. 8. S. 300—303 und S. 418—422. Bd. II. 1849. 8. S. 388. 89.

Sehen wir, wie weit sich diese nach unsern gegenwärtigen Kenntnissen verfolgen lässt.

§. 109. Befindet sich ein elektrischer Leiterkreis in der Nähe eines galvanischen Kreises, so wird in jenem ein Strom inducirt, so wie man diesen öffnet oder abermals schliesst. Die Oeffnungs- und die Schliessungszuckung des galvanischen Froschpräparates bei dem Austritte oder dem Einbrechen eines elektrischen Stromes sind mit diesen Inductionswirkungen verglichen worden.

§. 110. Schliesst man einen galvanischen Kreis, so steigt in jedem Punkte desselben die durch die elektromotorische Kraft erzeugte und später herumgetriebene Elektricitätsmenge von Null bis zu einer gegebenen Grösse. Sie fällt von dieser auf Null während der Oeffnung ab. Sie kann sich während ihrer Bewegung auf eine um so bedeutendere Durchtrittsfläche verbreiten, je grösser der Querschnitt des Durchflussortes ist. Ihre Dichtigkeit, die während des Schlusses oder der Oeffnung von Null bis zu einer gegebenen Grösse wechselt, steht also in umgekehrtem Verhältnisse zu dem Querschnitte des Leiters. Bildet der Nerv einen Abschnitt des galvanischen Kreises, so greifen alle diese Veränderungen in seiner Masse durch. Die Abgleichung der durch jeden Querschnitt des inducirenden Leiters oder des Nerven in der Zeiteinheit strömenden Elektricitätsmenge oder die dabei auftretende Dichtigkeitsschwankung führt also zur Induction oder zur Muskelzusammenziehung.

§. 111. Ist der galvanische Kreis geschlossen, so hat deswegen nicht die inducirende Wirkung aufgehört, wie wir später sehen werden. Man bemerkt aber keinen Inductionsstrom, keine Bewegung der Elektricität in dem Leiterkreise, so lange der galvanische Kreis geschlossen bleibt. Schaltet man jetzt eine Nebenschliessung ein, so dass hierdurch der Stromtheil, welcher den auf den Leiterkreis wirkenden Abschnitt des Schliessungsbogens durchsetzt, geschwächt wird, so hat man wiederum einen Inductionsstrom. Er fehlt abermals, so wie die Einschaltung der Nebenschliessung vollendet worden und während der ganzen Dauer der neuen Art des Geschlossenseins der Kette, wiederholt sich dagegen mit der Ausschaltung der Nebenschliessung oder der Rückkehr zu dem früheren Zustande. Der Hinzutritt der Nebenschliessung bewirkt aber, dass die den Querschnitt in der Zeiteinheit durchsetzende Elektricitätsmenge von einer gewissen Grösse zu einer anderen endlichen Grösse, nicht aber auf Null herabgeht. Die Ausschaltung erzeugt das Umgekehrte. Bildet der Nerv einen Abschnitt des galvanischen Kreises, so hat man

wiederum Zuckungen im Augenblicke des Einsetzens und in dem des Fortnehmens der Nebenschliessung. Der Inductionsstrom und die Muskelverkürzung entstehen also nicht bloss, wenn die Abgleichung den Nullwerth zu einer ihrer Grenzen hat, sondern wenn sie von einer endlichen Grösse zu einer anderen übergeht.

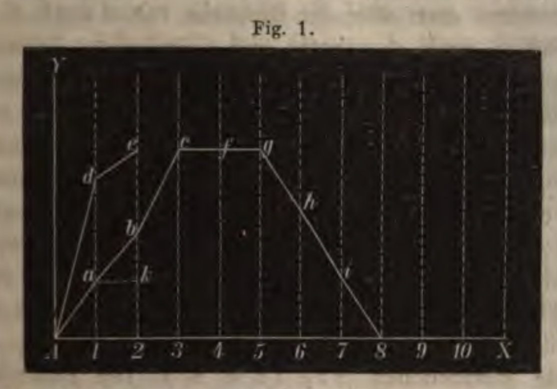
§. 112. Könnte man den Kettenschluss an einem unendlich kleinen Punkte oder durch die überall gleichzeitige Berührung mathematisch congruenter Leiterflächen bewerkstelligen, so würde es auch möglich sein, die Elektricitätsmenge von ihrer unteren bis zu ihrer oberen Grenze während der Dauer eines Zeitelementes (§. 3.) ansteigen zu lassen. Der Schluss erfolgt indessen in der Wirklichkeit an endlichen und ungleich gestalteten Oberflächen. Er kommt daher im Laufe einer endlichen Zeitgrösse an den verschiedenen Punkten zu Stande. Ein Leiterstück fügt sich dabei nach und nach dem anderen hinzu. Der Leitungswiderstand nimmt daher von Augenblick zu Augenblick ab. Die den Querschnitt in der Zeiteinheit durchsetzende Elektricitätsmenge, die Stromesdichtigkeit an einer Stelle von unveränderlichem Querschnitt und die Stromstärke überhaupt wachsen auf diese Weise. Da die Oeffnung das Gleiche, nur in umgekehrter Ordnung darbietet, so kann man sagen, dass die materiellen Leiter nur Schliessungen und Unterbrechungen von endlicher Dauer gestatten, während deren die Stromstärke in dem ganzen Schliessungsbogen und die Dichtigkeit an den einzelnen Stellen desselben in der Regel anhaltend wechselt. Man hat dabei ungleichförmige Schwankungen, weil die Widerstandsgrösse nicht immer gleichförmig zu- oder abnimmt.

§. 113. Dieser Umstand nöthigt aber, zwei für die Nerventhätigkeit wichtige Abgleichungsgeschwindigkeiten, die mittlere und die wirkliche zu unterscheiden. Eine graphische Darstellung der hier in Betracht kommenden Verhältnisse wird dieses am ehesten klar machen.

Nehmen wir ein rechtwinkeliges Coordinatensystem AXY. Fig. 1. Wir verzeichnen die Zeiten auf der Abscisse AX, so dass $A1$ dem ersten, 12 dem zweiten Zeittheilchen u. s. f. entspricht, ziehen die der Ordinate AY parallelen punktirten Linien auf 1, 2, 3 u. s. w. und tragen auf ihnen Längen ab, welche den Stromstärken am Ende der entsprechenden Zeittheilchen proportional sind. Denken wir uns, die Kettenschliessung nehme drei Zeittheile in Anspruch, die Stromstärke stehe im Verhältniss $1a$ am Ende des ersten, $2b$ an dem des zweiten und $3c$ an dem des dritten Zeittheilchens, so wird

die gebrochene Linie $Aabc$ den Gang der Abgleichung während des Schliessens ausdrücken. Wären die Zeittheilchen $A1$, 12, 23 un-

Fig. 1.



endlich klein, also a, b, c unendlich nahe, so würden die Tangentenrichtungen Aa, ab und bc mit denen einer entsprechenden Curve zusammenfallen und diese wäre mit der gebrochenen Linie $Aabc$ gleichwerthig. Bleibt die Stromstärke während des Geschlossenseins der Kette unverändert, so dass $3c$, $4f$, $5g$ unter einander gleich sind, so lässt sich dieses durch die gerade, der Abscissenachse AX parallele Linie cfg ausdrücken. Fordert endlich die Oeffnung wiederum die drei Zeittheilchen 56, 67 und 78 und entsprechen ihnen die den Stromstärken proportionalen Längen $6h$, $7i$ und Null, so wird die gebrochene Linie $ghi8$ die Abgleichung während des Oeffnens der Kette ausdrücken.

Braucht ein Kettenschluss das eine Mal drei, und das andere Mal nur zwei Zeittheilchen zum Ansteigen von Null bis zu der gleichen Höhe der Stromstärke, so kann z. B. $Aabc$ den ersten und Ade den zweiten Fall ausdrücken. Die raschere Abgleichung hat also die steilere Curve Ade. Alle Elemente derselben oder einzelne z. B. Ad bilden einen grösseren Winkel dAX mit der Abscissenachse oder einer ihr parallelen Linie, als die langsamere, der z. B. Aa für dasselbe Zeittheilchen angehört.

Da die trigonometrische Tangente des Winkels $aA1$ durch $\frac{1a}{A1}$ ausgedrückt wird d. h. durch den Quotienten der graphischen Darstellung der Stromstärke und der Zeit, so misst sie unmittelbar die Abgleichungsgeschwindigkeit. Die Einführung dieser Ausdrucksweise gewährt den Vortheil, dass das Vorzeichen anzeigen kann, welcher Art die Abgleichung ist. Die steigende hat z. B. am Anfange

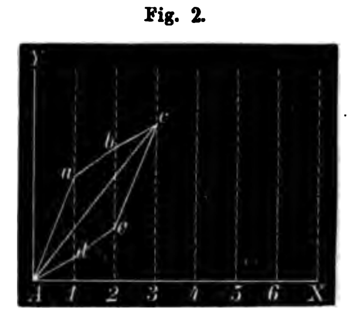
den spitzen Winkel $aA1$ und die fallende am Ende den stumpfen $i8X$. Die die Sinus darstellenden Grössen $1a$ und $7i$ sind in beiden Fällen positiv. Betrachtet man aber die Richtung von A nach X als positiv, so ist die von X nach A negativ und umgekehrt. Nimmt man den Cosinus $A1$ positiv, so muss der 78 als negativ angesehen werden. Die Geschwindigkeit der ansteigenden Abgleichung, wie man sie bei dem Schlusse der Kette hat, wird daher durch einen positiven und die sinkende, wie sie der Oeffnung entspricht, durch einen negativen Tangentenwerth des in Betracht kommenden Winkels ausgedrückt. Dieses lässt sich auch schon ohne weiteres daraus entnehmen, dass die erste Ableitung oder der Differentialcoëfficient positiv oder negativ ist, je nachdem der betrachtete Punkt einem steigenden oder einem fallenden Curventheile angehört.

Sind die Zeittheilchen $A1$, 12 u. s. f. von endlicher Grösse, folglich auch Aa, ab endlich, da $1a$, $2b$ jedenfalls endlich bleiben, so hat man die geknickte Linie $Aabc$ und die in Betracht kommenden Winkel sind unmittelbar die der Linien Aa, ab u. s. f. mit der Abscisse AX oder einer ihr parallelen Linie. Denkt man sich dagegen $A1$, 12 u. s. w. unendlich klein, so gehen Aa, ab, bc in eine Curve über, für die man die gebrochene aus den geometrischen Tangenten zusammengesetzte Linie $Aabc$ nach dem Exhaustionsverfahren als Näherungswerth ansehen kann. Der in Betracht kommende Winkel ist dann der, den die Berührungslinie des untersuchten Curvenpunktes mit der Abscissenachse macht.

Denkt man sich die Zeiten sowohl, als den während derselben stattfindenden Zuwachs an Stromstärke unendlich klein, also z. B. ak als Differentialgrösse der Abscisse x und bk als solche der Ordinate y, wenn ak parallel AX gezogen worden, so drückt der Differentialcoëfficient oder $\frac{dy}{dx}$ die Abgleichungsgeschwindigkeit für jedes Zeitelement aus. Entspräche der Abgleichungscurve eine Gleichung, in der x und y nicht explicit gegeben sind, so würde die blosse Differentiation von y in Bezug auf x hinreichen, den Ausdruck für die Abgleichungsgeschwindigkeit herzustellen. Enthielte in einem anderen Falle der Werth jener Schnelligkeit keine veränderlichen, sondern nur beständige Grössen, wäre also die ursprüngliche Gleichung vom ersten Grade und folglich die ihr entsprechende Linie gerade, so würde der Quotient der Stromstärke und der entsprechenden Zeitgrösse überall derselbe und die Abgleichungsgeschwindigkeit gleichförmig sein.

Die mittlere Schnelligkeit der Abgleichung wird nur durch den Quotienten des Maximums der Stromstärke *c*3 und der Gesammtzeit *A*3 ausgedrückt. Sie entspricht also eben jener geraden Linie *Ac*, bei der die Stromstärken den Zeiten proportional wachsen, wie sich aus der Aehnlichkeit der Dreiecke bald ergibt. Da aber der Weg von *A* nach *c* noch auf unendlich vielen anderen Arten z. B. durch *Aabc* oder *Adec* Fig. 2. zurückgelegt werden kann, so sind noch unendlich viele wirkliche Abgleichungen möglich, die nicht mit der mittleren zusammenfallen.

Fig. 2.



§. 114. Die Abgleichungsgeschwindigkeit ist für die Inductionserscheinungen und die Nerventhätigkeiten maassgebend. Denn beide wachsen im Allgemeinen mit der Zunahme derselben. Die Elektrophysiologie und selbst die Physik haben aber bis jetzt den Unterschied, der zwischen der mittleren und der wirklichen Abgleichungsgeschwindigkeit Statt findet, weder theoretisch hinreichend gewürdigt, noch auf dem Versuchswege genauer verfolgt.

§. 115. Sollen merkliche Inductions- oder Nervenwirkungen auftreten, so darf die Schnelligkeit der Abgleichung nicht unter einer gewissen Grenze gesunken sein. Die galvanische Polarisation und hin und wieder noch andere chemische Veränderungen der Elemente lassen die Stromstärke der gewöhnlichen Ketten während des Geschlossenseins derselben fortwährend wechseln. Die sogenannten constanten Batterieen gewähren nur den Vortheil, dass diese Veränderung, vorzugsweise in den ersten Zeiten, langsamer erfolgt und absolut kleiner auszufallen pflegt. Eine nicht zu starke, geschlossene Batterie erzeugt dessenungeachtet weder Inductionsströme, noch Muskelverkürzungen, weil die Abgleichungsgeschwindigkeit zu klein ist. Die grössere Empfänglichkeit der Empfindungsnerven bedingt es, dass man schon anhaltende Wirkungen haben kann, wenn die Muskelmassen schweigen.

§. 116. Die Induction, die Nervenwirkung und die Zusammenziehung der Verkürzungsgebilde nehmen nur dann mit der Abgleichungsgeschwindigkeit zu, wenn der Schwankungsbezirk innerhalb bestimmter Grenzen liegt. Man hat also in allen diesen Fällen abgleichende Elektricitätsmengen, die in keinem merklichen Grade und anderseits solche, die um so kräftiger wirken, je rascher

sie sich ändern. Die beiden Gränzwerthe liegen aber in dem ersteren Falle am weitesten aus einander, wenn der eine von ihnen der Null gleicht, weil dann auch der zweite unter den gegebenen Verhältnissen absolut klein bleibt.

§. 117. Dieser Umstand führt zu einer neuen Folgerung. Schliesst oder öffnet man die Kette, so dass die Stromdichtigkeit mit Null anfängt oder zu dem Nullwerthe herabgeht, so gibt es immer einen von diesem um eine gewisse endliche Grösse entfernten Werth der Elektricitätsmenge, der die oberste Grenze der Wirkungslosigkeit des Stromes bildet. Es lässt sich vermuthen, dass seine absolute Grösse mit der Schnelligkeit der Abgleichung sinken wird. Hält man sich an die merklichen Erfolge, so bildet für diese die Schliessung und die Oeffnung der Kette nur Abgleichungen zwischen zwei endlichen Intensitätswerthen, nicht aber zwischen Null und einer endlichen Grösse.

§. 118. Wir werden sehen, dass der Mangel der Zusammenziehung nicht zu dem Schlusse berechtigt, dass die Stromesschwankung unwirksam sei. Sie kann sogar die Beweglichkeit der Nervenmolecüle erhöhen und spätere kräftigere Wirkungen aus diesem Grunde erleichtern. Der Bezirk der *scheinbaren Wirkungslosigkeit* ist daher im Stande, einen solchen der *verborgenen Wirksamkeit* einzuschliessen.

§. 119. Wählt man Vorrichtungen, in denen die mittleren Abgleichungsgeschwindigkeiten für verschiedene Schliessungen oder Oeffnungen möglichst übereinstimmen, so erhält man doch oft genug incongruente Muskelcurven, wenn auch nicht die Erschöpfung oder andere Nebenverhältnisse die Ursache derselben bilden. Der Grund der Erscheinung lässt sich darin finden, dass die mittlere Abgleichungsgeschwindigkeit Nichts darüber aussagt, wie sich die wirkliche verhält. Die letztere entscheidet aber allein über das Endergebniss.

Fig. 3.

§. 120. Erfahrungen, die wir später kennen lernen werden, können bis zu einem gewissen Grade bestimmen, wie sich die Verhältnisse gestalten werden. Lässt sich die Abgleichungsgeschwindigkeit durch $A\,a\,b\,c$ Fig. 3. in einem ersten und durch $A\,d\,e\,c$ in einem zweiten Falle darstellen, so kann man behaupten, dass dieser eine schwächere Zusammen-

ziehung, als jener liefern wird, weil für ihn die Ansteigung des ersten Zeittheilchens Ad weniger steil, als Aa ausfällt. Wäre auch die stärkere Steigung innerhalb des letzten Zeittheilchens oder ec im Vergleich zu bc eben so gross, als Aa in Rücksicht auf Ad, so würde dieses doch den Unterschied nicht ausgleichen, weil dieselbe Abgleichungsgeschwindigkeit um so schwächere Verkürzungen hervorruft, je mehr sich schon der Muskel in Folge früherer Stromesschwankungen zusammengezogen hat, ungefähr wie die auf einen Magnetstab wirkende inducirende Kraft um so weniger eingreift, je grösser der bleibende Magnetismus des Stabes ist[1]).

§. 121. Lässt man die Abgleichungsgeschwindigkeit von einem der Null nahestehenden Werthe immer mehr wachsen, indem man z. B. nach und nach die in einem eingeschalteten unpolarisirbaren Flüssigkeitsrheostaten befindlichen Metallelektroden wechselseitig allmählich nähert, die Schliessungs- und Oeffnungszeiten der Kette aber durch ein Uhrwerk gleich erhält, so findet man, dass sich zuerst der Muskel gar nicht verkürzt, bis die Stromesschwankung eine gewisse Geschwindigkeit erreicht hat. Wächst diese noch mehr, so vergrössert sich auch die Verkürzung in scheinbar proportionaler Grösse bis zu einer gewissen Grenze der Abgleichungsgeschwindigkeit. Nimmt aber diese noch mehr zu, so convergirt die Zusammenziehung gegen ein Maximum, das bei dieser Versuchsweise nicht überschritten wird, wohl aber wenn man den ganzen Muskel statt des Nerven in den galvanischen Kreis einschaltet und die hierdurch bedingte Aenderung des Leitungswiderstandes durch eine passende Compensation beseitigt. Die Tetanisation des Nerven oder der Muskelmasse durch die entgegengesetzt gerichteten Inductionsschläge des Magnetelektromotors führt noch nachdrücklicher zu demselben Ergebnisse.

§. 122. Der Elektromagnetismus bietet eine in mancher Hinsicht ähnliche Erscheinung dar. Ein in einer leitenden Spirale befindlicher Eisenkern erhält, wie wir sahen, magnetische Kräfte, wenn man einen elektrischen Strom durch die erstere leitet. Setzt man voraus, dass jede der Spiralwindungen in gleicher Weise wirkt, so wird die magnetisirende Kraft der letzteren durch das Product der Stromesintensität in die Anzahl der Windungen ausgedrückt. Dieses kann desshalb geschehen, weil gewöhnlich der Durchmesser der letztern im Verhältniss der Länge klein ist und derselbe dann keinen

1) Lamont, Magnetismus in Karsten's Encyklopädie der Physik. S. 25.

merklichen Einfluss auf die Inductionswirkung ausübt[1]). Lässt man nun die Stromstärke in der inducirenden Spirale immer mehr anwachsen, so steigt das magnetische Moment des Eisenkernes nur bei schwächeren magnetisirenden Kräften auf eine ihnen proportionale Weise. Stärkere Intensitäten dagegen lassen es gegen ein Maximum, den sogenannten Sättigungspunkt des Eisenkernes convergiren. Die nach der Ampère'schen Auffassungsweise des Magnetismus gegebene Theorie von W. WEBER[2]) erklärt diese Erscheinung als Folge der durch den Strom bedingten Richtung der hypothetischen drehbaren Molecularmagnete. Man wird daher auch das unter den gegebenen Verhältnissen mögliche Verkürzungsmaximum als die Sättigungsgrösse der Zusammenziehung ansehen können.

§. 123. Die weitere Verfolgung dieser Versuche an galvanischen Froschpräparaten führt zu einem neuen Beispiele, dass nicht alle Verfahrungsarten, gewisse mittlere Abgleichungsgeschwindigkeiten herzustellen, gleichwerthig sind. Man kann die Vergrösserung der Schnelligkeit durch die Erhöhung der Stromstärke oder durch die Verkleinerung der Abgleichungszeit erreichen. Diese beiden Mittel führen aber nicht immer zu übereinstimmenden Ergebnissen.

Gesetzt wir lassen die Stromstärke bei gleicher Schliessungsvorrichtung immer mehr anschwellen, so hat man zuerst eine sehr geringe Abgleichungsgeschwindigkeit, die auf den Bewegungsnerven gar nicht merklich wirkt. Es gibt dann einen kleinsten und einen grössten Werth der Stromstärke und der ihr bei Gleichheit der Zeit parallel gehenden Abgleichungsgeschwindigkeit, innerhalb dessen die Zusammenziehungen ihr nahezu proportional zu wachsen scheinen. Man hat später die Convergenz an das oben erwähnte Verkürzungsmaximum, zuletzt aber wiederum eine Abnahme, weil die Kräfte des Nerven durch die starke elektrolytische Wirkung des Stromes leiden. Verzeichnet man sich die Abgleichungsgeschwindigkeiten auf der Abscisse AX Fig. 4. des rechtwinkeligen Coordinatensystemes AXY und zwar so, dass man immer von dem Anfangspunkte oder Nullpunkte A ausgeht, dass also $A2$ die doppelte so rasche Abgleichung, als $A1$, $A3$ die dreifache darstellt und trägt die entsprechenden Werthe der Muskelverkürzung auf die der Ordinate AY parallelen punktirten Linien auf, so kann $A1abcdX$ das eben Gesagte ver-

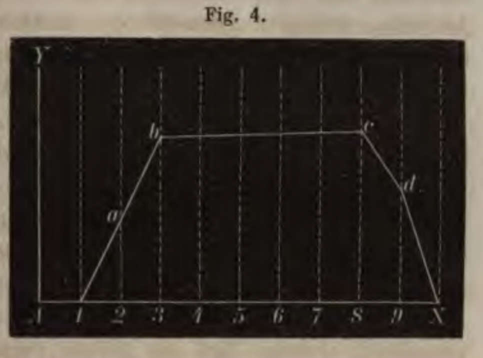
---

[1]) NEUMANN, Pogg. Ann. Bd. LXVII. 1846. S. 43. Vgl. LAMONT, Magnetismus in Karsten's Encyklopädie der Physik. S. 88.

[2]) Siehe z. B. WIEDEMANN, Galvanismus. Bd. II. S. 310. 311.

sinnlichen. Die Abgleichungsgeschwindigkeit $A1$ ist scheinbar wirkungslos, obgleich vielleicht verborgen wirksam (§. 118), weil sie zu langsam erfolgt. Da indess die Muskelzusammenziehung mangelt, so fällt der erste Theil der Curve mit der Abscisse $A1$ zusammen. $1ab$ bildet eine gerade Linie, wenn später die Verkürzungsgrössen $2a$ und $3b$ den Werthen der wirksamen mittleren Abgleichungsgeschwindigkeiten 1 2 und 1 3 proportional ausfallen, da sich diese Beziehungen aus den ähnlichen Dreiecken $1a2$ und $1b3$ ergeben. bc, die der Abscissenachse AX nicht ganz parallel ist, sondern sanft ansteigt, stellt die innerhalb der Grenzen der mittleren Abgleichungsgeschwindigkeiten $A3$ und $A8$ stattfindende Convergenz gegen das zu erreichende Verkürzungsmaximum dar. cdX gibt endlich den späteren Abfall auf Null, wenn die schädlichen Wirkungen der Elektrolyse die Masse des Nerven durchgreifender ändern und zu ihren Lebenswirkungen unfähiger machen. Bestände die den Eisenkern umgebende Spirale aus einem Schlauche, der eine zersetzbare Flüssigkeit enthält, so würden die kräftigeren Ströme ebenfalls eine Abnahme der magnetisirenden Kraft herbeiführen, so wie die Stromstärke durch das Wachsthum des Leitungswiderstandes in Folge der Elektrolyse abnähme.

Fig. 4.



§. 124. Die Wirkungen erhalten sich weit länger, wenn die Abgleichungsgeschwindigkeit nicht durch das Wachsthum der Stromstärke, sondern durch die Verkleinerung der Schwankungsdauer zunimmt. Da hier der schädliche Einfluss der kräftigen Elektrolyse wegfällt, so werden erst solche Abgleichungsgeschwindigkeiten wirkungslos, die nicht Zeit genug darbieten, eine Molecularveränderung des Nerven durch die elektrische Erregung einzuleiten. Dass aber die obere Grenze dieser Zeiträume klein ist, lässt sich aus den hierher gehörenden Erfahrungen unmittelbar schliessen.

§. 125. Man kann das Maximum der Zusammenziehung in dem Wadenmuskel eines Frosches hervorrufen, wenn man den Strom eines kleinen mit Salzwasser geladenen Zink-Kohlenelementes, dessen Elektroden den lebenden Hüftnerven berühren, 944 Mal in der Secunde

schliessen und öffnen lässt, so dass jede Abgleichung bei dem Schlusse oder der Oeffnung weniger als $^1/_{1888}$ Secunde dauert. Da die Zahl der auf die Zeiteinheit kommenden Schläge, die noch wirksam bleiben, mit der Stromstärke zunimmt, so kann man sogar den letztern Werth auf $^1/_{7000}$ erhöhen, wenn man kräftige Ketten braucht. Der nachdrückliche physiologische Einfluss der Inductionsschläge rührt von ihrer kurzen Abgleichungszeit her. Die inducirende Spirale der Magnetelektromotoren erzeugt nicht bloss einen Inductionsstrom in der Inductionsspirale, sondern auch einen Extrastrom in sich selbst d. h. eine elektrische Strömung, die dadurch bedingt wird, dass ihre einzelnen Windungen auf einander inducirend wirken. Er ist, wie jeder andere Inductionsstrom, dem inducirenden Strome bei dem Schlusse entgegengesetzt und bei dem Oeffnen der Kette gleichgerichtet. Dieses hat zur Folge, dass die mittlere Abgleichungsgeschwindigkeit des Oeffnungsstromes grösser, als die des Schliessungsstromes ist. Jener wirkt daher auch physiologisch kräftiger. Die von HELMHOLTZ[1]) an dem Magnetelektromotor angebrachte Nebenschliessung sucht die Stärke der erwähnten Wirkung des Extrastromes herabzusetzen und daher den physiologischen Einfluss des Schliessungs- und des Oeffnungsinductionsstromes übereinstimmender zu machen. Da ein Magnetelektromotor, dessen Hammerwerk viele Hunderte von Malen in der Secunde die Kette schliesst und öffnet, immer noch den Nerven zur Erregung von Zuckungen bestimmen kann, so ergeben sich auch hier überaus kleine Abgleichungszeiten. Diese lassen sich jedoch noch nicht mit denen vergleichen, die man durch die Benutzung der Spannungselektricität erreichen kann. Zieht sich z. B. ein Froschpräparat durch den sogenannten elektrischen Rückschlag bei der Entladung eines Conductors zusammen, so gleicht sich die statische Elektricität von verhältnissmässig hoher Spannung in einem so kurzen Zeitraume ab, dass viele Tausende, ja angeblich mehr als eine Million dieser Zeitabschnitte auf die Secunde gehen.

Die Elektrotherapeuten geben an, dass der Magnetelektromotor nicht mehr wirkt, wenn die Schläge des Hammerwerkes zu rasch auf einander folgen. Dieses kann schon eintreten, wenn nur ein bis zwei Tausend Schliessungen und Oeffnungen auf die Secunde kommen. Man darf nicht glauben, dass eine solche Erfahrung dem eben Dargestellten widerspricht. Es lässt sich zeigen, dass die

[1]) Siehe z. B. WIEDEMANN, Galvanismus. Bd. II. 1863. S. 773.

Wirkungslosigkeit eine blosse Folge der durch die Leitungswiderstände bedingten Verkleinerung der Stromesintensität bilden kann.

Der Cylinder, auf dem ich die Muskelcurven zur Bestimmung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Nervenerregung aufschreiben lasse (Fig. 8. S. 85.), trägt, wie wir sehen werden, einen kleinen Metallstift, durch dessen einmaliges Anschlagen an einen anderen beweglichen Stift die Kette geschlossen und der Nerv erregt wird. Eine Umdrehung des Cylinders dauert $^1/_{25}$ Secunde in den gewöhnlichen Versuchen und jenes Anschlagen nur einen kleinen Bruchtheil dieser Zeitgrösse. Nimmt man z. B. acht kleinere Zinkkohlenelemente, schaltet einen Rheostaten in den Kreis ein und berührt die Zungenspitze mit den beiden Elektrodennadeln, die ungefähr zwei Millimeter wechselseitig abstehen, so spürt man den Schlag sehr deutlich. Schwächt man den Strom mittelst des Rheostaten, so gelangt man bald zu einer Grösse, wo man nichts mehr empfindet. Richtet man jetzt die Sache so ein, dass man statt einer Schliessung eine Reihe derselben nach je $^1/_{25}$ Secunde erhält, so kehrt die Empfindung wieder. Eine weitere Schwächung der Stromstärke beseitigt sie abermals. Fehlt sie hier auf der Zunge, so tritt sie von neuem deutlich hervor, wenn man z. B. eine Rasirwunde einer Stelle des Gesichtes mit den Elektroden berührt, also mit geringerm Leitungswiderstande, als an der Oberhaut der Zunge arbeitet. Aehnliche Versuche lassen sich an den Muskelnerven der Frösche mit gleichem Erfolge anstellen.

§. 126. Man sagt häufig, dass instantane oder nur unendlich kurze Zeiträume anhaltende elektrische Schläge die Nerven anzuregen vermögen. Es ergibt sich nach dem eben Dargestellten, dass diese Ausdrucksweise nur bildlich gilt und selbst die stärksten Ströme dynamischer oder die höchsten Spannungsgrössen statischer Elektricität eine wenn auch sehr kleine, doch immer noch endliche Abgleichungszeit für ihre merkliche Wirksamkeit nöthig haben.

§. 127. Man darf nicht die Abnahme der Muskelverkürzung bei allzukleinen Abgleichungszeiten mit einer Erscheinung zusammenstellen, welche die Extraströme (§. 125.) darbieten. Enthält der Kettenkreis eine Drathspirale, in der also ein Extrastrom inducirt wird, so wächst zuerst die Stärke desselben mit der Zahl der Schliessungen und Unterbrechungen, die auf die Zeiteinheit kommen. Sie nimmt aber in der Folge wiederum ab. Das Letztere geschieht, wenn die Unterbrechung früher erfolgt, als der entgegengesetzt ge-

richtete Extrastrom abgelaufen ist, der inducirende Strom also seine grösste Stärke nicht erreicht hat.

§. 128. Die physiologische Wirkung der Elektricität muss nach dem oben Erläuterten unter einem anderen Gesichtspunkte, als dieses früher geschah, aufgefasst werden. Man hielt sich nur an den Fall, in welchem der Schluss und die Oeffnung der Kette Zusammenziehungen der Muskeln des Froschpräparates erzeugten, diese dagegen während der Dauer des Geschlossenseins der Kette erschlafft blieben. Man sagte demgemäss, dass nur Stromesschwankungen, nicht aber Stromesdichtigkeiten von beständiger Grösse Verkürzungen hervorrufen. Es wurde hierbei stillschweigend vorausgesetzt, dass die gebrauchte Kette wahrhaft beständig sei. Diese gesammte Auffassungsweise entspricht nicht der Wirklichkeit.

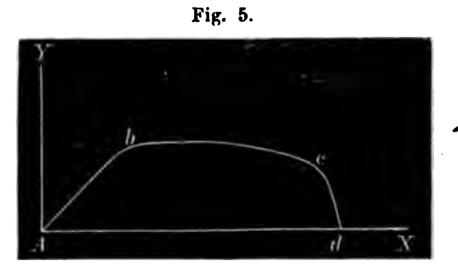
Da sich die sogenannten constanten Ketten nur dadurch von den unbeständigen unterscheiden, dass sich ihre elektromotorischen Kräfte langsamer ändern, so hat man keine sich gleichbleibende Stromstärke während der Dauer des Geschlossenseins der Kette. Gebraucht man polarisirbare Elektroden, so nimmt die Intensität des ursprünglichen Stromes wegen des Wachsthumes des entgegengesetzt gerichteten Polarisationsstromes ab und zwar um so rascher und stärker, je leichter die Elektrolyse eines eingeschalteten Elektrolyten, wie des Nerven oder des Muskels erfolgt. Diese Zersetzung kann überdiess noch die Grösse des Leitungswiderstandes und die Lebenskräfte der Theile ändern. Bleibt aber dessenungeachtet der Muskel während der Dauer des Geschlossenseins der Kette erschlafft, so geschieht dieses nicht wegen der Unveränderlichkeit der Stromesdichtigkeit, sondern weil die Schnelligkeit der Schwankung die Grenzen des unteren Bezirkes der wirkungslosen Abgleichungsgeschwindigkeit nicht überschreitet.

Wir werden sehen, dass der Muskel oft genug während des Geschlossenseins der Kette anhaltend verkürzt bleibt, während er unter anderen Nebenbedingungen erschlafft ist. Die hauptsächlichsten Entscheidungsgründe liegen hier nicht in der galvanischen Reizvorrichtung, sondern in dem Zustande des Nerven oder des Muskels. Das Curare liefert das auffallendste Beispiel in dieser Beziehung.

Man entfernt den Oberschenkel eines Frosches und vergiftet hierauf das Thier durch die Einführung von Curare unter die Rückenhaut. Nun wartet man bis die Empfänglichkeit der Nerven erloschen, die der Muskeln dagegen noch nicht zu Grunde gegangen ist. Vergleicht man jetzt den amputirten Schenkel mit dem anderen,

so gibt jener Schliessungs- und Oeffnungszuckungen, bleibt aber während der Dauer des Geschlossenseins der Kette erschlafft. Die vergiftete Extremität liefert bei der Durchleitung des Stromes durch die Muskelmasse zuerst eine Zusammenziehung bei dem Schlusse. Die Verkürzung erhält sich aber auch, während der Strom anhaltend durchgeht. Sie nimmt früher oder später allmählich ab. Oeffnet man die Kette, ehe sie gänzlich aufgehört hat, so erschlafft der Muskel plötzlich. Er gibt dabei keine Oeffnungszuckung, sondern kehrt zu seinem ursprünglichen Zustande mit auffallender Geschwindigkeit zurück.

Fig. 5.



Bezeichnet AX Fig. 5. die Zeitabscisse, so gestaltet sich die Muskelcurve, wie $Abcd$. Ab entspricht hier der stets wachsenden Schliessungszuckung, bc der allmählich sinkenden Zusammenziehung während der Dauer des Geschlossenseins der Kette und der steile Abfall cd der plötzlichen Erschlaffung bei der Oeffnung derselben, so lange der Muskel noch verkürzt ist. Das Letztere beweïst unmittelbar, dass die Zusammenziehung bc nicht von einer Elasticitätserscheinung, sondern von einer Lebenswirkung herrührt.

Die Thatsache, dass der Muskel während des Geschlossenseins der Kette verhältnissmässig lange verkürzt bleibt, gestattet eine doppelte Deutung. Man kann annehmen, dass die Curarevergiftung die Empfänglichkeit des Muskels für Stromesschwankungen erhöht. Der obere Grenzwerth der wegen ihrer allzugrossen Langsamkeit wirkungslosen Abgleichungsgeschwindigkeiten wird daher herabgesetzt, so dass die durch die Inconstanz der Kette und die Polarisation bedingte Abnahme der elektromotorischen Kraft zur Verkürzungserregung hinreicht. Wäre dieses der Fall, so liesse sich eine sehr nachdrückliche Oeffnungszuckung der noch rascheren Abgleichung wegen erwarten. Da sie nicht auftritt, so wird man schliessen, dass der blosse Durchgang des Stromes oder die hiermit verbundene Elektrolyse die Verkürzung erzeugt. Nimmt man das Letztere an, so darf man den Fall nicht mit dem zusammenstellen, welcher der Einwirkung sehr starker Batterieen und der durch sie herbeigeführten mächtigen Zersetzung des Nerveninhaltes entspricht. Die dann während des Geschlossenseins der Kette auftretenden

Zusammenziehungen verrathen einen krampfhaften Charakter und bestehen aus einer Reihe gesonderter Zuckungen oder auf- und niedergehender Längenänderungen des immer verkürzten Muskels, bis endlich die Elektrolyse das Nervenmark so weit zerstört, dass die Empfänglichkeit tief sinkt und zuletzt ganz schwindet.

§. 129. Die ruhige anhaltende Zusammenziehung während des Geschlossenseins der Kette bietet eine wesentliche Abweichung von den Inductionserscheinungen dar, da die Inductionsströme nur bei einem Wechsel der Stromdichtigkeit in dem inducirenden Schliessungsbogen oder einer raschen Aenderung des Ortes des letztern in Bezug auf den inducirten Leiter beobachtet werden. Man kann sich auch überzeugen, dass dieselbe beständige oder unbeständige Kette, welche den mit Curare vergifteten Muskel während der Dauer ihres Geschlossenseins zusammengezogen erhält, einen Inductionsstrom und einen Extrastrom nur bei dem Schlusse und der Oeffnung gibt. Eine Analogie lässt sich dessenungeachtet auffinden, wenn man der von W. Weber aufgestellten Theorie des Diagmagnetismus folgen will.

§. 130. Bringt man einen in seiner Mitte an einem Coconfaden aufgehängten Cylinder zwischen die Pole eines kräftigen hufeisenförmigen Elektromagneten, so hängt es von der Beschaffenheit der Masse desselben ab, wie er sich einstellt. Magnetische oder, wie man sie auch nennt, paramagnetische Körper, wie Eisen richten sich axial d. h. so, dass die längere Cylinderachse in der geradlinigen Verbindungslinie zweier einander entsprechender Punkte der Magnetpole liegt. Diamagnetische Massen z. B. Wismuth oder eine mit Wasser gefüllte Glasröhre nehmen eine äquatoriale d. h. eine auf die axiale senkrechte Stellung an. Ein Frosch verhält sich, wie eine diamagnetische Masse. Schon sein grosser Wassergehalt erklärt diese Wirkung.

Der Unterschied von magnetischen und diamagnetischen Körpern beruht nur auf der Ungleichheit der Polaritäten, die sie unter dem Einflusse des Elektromagneten annehmen. Der Nordpol des letzteren erzeugt einen Südpol in dem gegenüberstehenden Ende des magnetischen und wiederum einen Nordpol in dem des diamagnetischen Körpers. Da ungleiche Pole einander anziehen und gleiche sich wechselseitig abstossen, so erklärt sich hieraus, wesshalb sich die magnetischen Körper axial und die diamagnetischen äquatorial stellen.

§. 131. Die Ampère'sche Theorie[1]) verwirft die Annahme einer eigenen magnetischen Flüssigkeit. Sie betrachtet vielmehr die Wirkungen des Magnetismus als solche elektrischer Ströme. Man denkt sich hierbei einen jeden Magneten aus einer unendlichen Menge von Solenoiden zusammengesetzt, d. h. von unendlich dünnen Reihen von Molecularmagneten oder von Molecülen, die von elektrischen Elementarströmen umflossen werden, die auf der Richtung ihrer Magnetachse senkrecht stehen. Jeder nicht magnetische, aber magnetisirungsfähige Körper kann als eine Anhäufung von Molecularmagneten gedacht werden, deren magnetische Achsen in den verschiedensten Richtungen liegen, deren Elementarströme daher ebenfalls in den mannichfachsten Richtungen verlaufen und sich desshalb in ihren Wirkungen wechselseitig aufheben. Die Magnetisirung besteht dann nur in der Orientation oder der sogenannten Richtung dieser Molecularmagnete d. h. in einer Drehung um ihre Schwerpunkte, durch die sie die Pole ihrer magnetischen Achsen nach den Polen des Magneten, so sehr es ihre Wechselwirkung gestattet, hinwenden. Die letztere erlaubt eine fast gleichartige Richtung nur bei sehr langen und dünnen Cylindern z. B. Dräthen, so dass alle magnetischen Achsen der Molecüle der Cylinderachse nahezu parallel werden. Die Molecularmagnete kehren in ihre frühere unregelmässige Stellung nach dem Aufhören des Magnetismus zurück. Man hat dabei einen grösseren Widerstand gegen die Drehung derselben im Stahl als im weichen Eisen. Der bleibende Magnetismus hält daher auch in jenem länger als in diesem an.

Wird der Magnetismus durch eine von einem elektrischen Strome durchflossene Spirale erzeugt, so convergirt er mit zunehmender Stromstärke gegen ein Maximum, wie wir früher gesehen haben. Dieses entspricht der möglichst vollkommenen Richtung der Molecularmagnete.

§. 132. Die diamagnetischen Wirkungen führten manche Physiker zu der Ansicht, dass die Ampère'sche Theorie des Magnetismus nicht genüge. W. Weber suchte dagegen jene nach Annahmen, die sich mit dieser vereinigen lassen, zu erklären. Wollte man, wie für die magnetischen Körper, voraussetzen, dass auch die diamagnetischen

[1]) Ueber die ihr entgegenstehenden Bedenken und die Missverständnisse, welche in Betreff der Einwirkung einer elektrodynamischen Spirale auf einen Eisenkern in dieser Hinsicht vorgekommen sind, siehe Lamont, Magnetismus. In Karsten's Encyklopädie der Physik. S. 58—60.

ursprünglich Molecüle enthalten, die von elektrischen Strömen umflossen sind, so liessen sich die abstossenden Wirkungen des Diamagnetismus in keiner Weise erklären. WEBER stellt sich daher vor, dass sie erst durch den Magneten oder die ihn ersetzenden elektrischen Ströme inducirt werden. Nun erzeugt sich ein dem inducirenden Strome entgegengesetzter Inductionsstrom in einem nahen Leiterkreise, wenn jener geschlossen oder der Schliessungsbogen dem parallelen Leiter genähert wird. Der Magnet wird daher in der zwischen seinen Polen aufgehängten diamagnetischen Masse Molecularströme bedingen, deren Richtung der seiner Molecularströme entgegengesetzt ist. Da sich aber parallele und entgegengesetzt gerichtete Ströme abstossen, so wiederholt sich dasselbe für die diamagnetische Masse. Man hat also einen Nordpol derselben gegenüber dem Nordpole des Magneten. Nun dauert diese Abstossung auch nach der äquatorialen Einstellung fort. WEBER nimmt daher an, dass die einmal erzeugten Molecularströme anhalten, so lange der Elektromagnet oder die ihn ersetzende elektrodynamische Spirale wirkt.

Es ergibt sich hieraus, dass man nach dieser Vorstellungsweise gewissermassen das Gleiche in Bezug auf die Inductionserscheinungen hat, wie bei den während des Geschlossenseins der Kette verharrenden Zusammenziehungen in Betreff der ausschliesslichen Abgleichungstheorie. Es ist jedoch als wesentlicher Unterschied hervorzuheben, dass die Fortdauer der in den diamagnetischen Molecülen inducirten Ströme eine Erscheinung bildet, die den bis jetzt bekannten Gesetzen der elektrischen Induction widerstreitet, während das Anhalten der Zusammenziehung bei dem Geschlossensein der Kette eine feststehende Thatsache bildet.

§. 133. Die Drehung der Polarisationsebene durch den elektrischen Strom, auf die wir später ausführlicher zurückkommen, könnte eher als ein Analogon mit den hier behandelten Verkürzungserscheinungen angesehen werden. Der Schluss der Kette erzeugt eine Wendung der Polarisationsebene, die während der ganzen Dauer des Geschlossenseins fortbesteht und mit dem Oeffnen aufhört, wenn sich selbst eine einfachbrechende tropfbare Flüssigkeit oder ein fester durchsichtiger Körper innerhalb der Inductionsspirale befindet. Man hat jedoch auch hier einzelne Unterschiede. Der Drehungswinkel im Augenblicke des Schlusses z. B. ist nicht grösser, als der während des Geschlossenseins. Die Schliessungszuckung dagegen liefert in der Regel eine bedeutendere maximale

Hubhöhe als die Zusammenziehung während der Dauer des Geschlossenseins. Eine Gleichheit beider gehört zu den später zu erwähnenden Ausnahmen.

§. 134. Man hat noch die mit der Stromesrichtung wechselnden einseitigen Wirkungen der galvanischen Froschpräparate als Analogon der Inductionserscheinungen angeführt. Wählt man Abgleichungsgeschwindigkeiten von kleinen oder mässigen passenden Werthen, so erhält man nur eine Schliessungs- und keine Oeffnungszuckung bei absteigender und das Umgekehrte bei aufsteigender Richtung des den Nerven durchsetzenden Stromes. Diese bei dem Schlusse und der Oeffnung der Kette entgegengesetzten Wirkungen sollten dem entsprechen, dass der Schliessungsinductionsstrom dem Oeffnungsinductionsstrome entgegengesetzt gerichtet ist. Man sieht, dass man hier nur eine äusserliche und zum Theil hinkende Aehnlichkeit hervorhob. Sie schwindet überdiess gänzlich, wenn man die Stromstärke, die auf das galvanische Froschpräparat wirkt, bei derselben Abgleichungsdauer immer mehr wachsen lässt. Man erhält dann früher oder später starke und oft nahezu gleichgrosse Schliessungs- und Oeffnungszuckungen bei jeder der beiden Stromesrichtungen.

§. 135. Können die erwähnten Verhältnisse der Froschpräparate lehren, dass das oben ausgesprochene Grundgesetz der elektrischen Erregung nicht mehr haltbar ist, so liefern die Leistungen des lebenden Nerven neue Gegengründe. Manche Wirkungen des Froschpräparates rühren nur von den Misshandlungen her, die der Hüftnerv bei seiner Isolation und Durchschneidung erlitten hat. Sie fehlen schon, wenn man sich ähnliche Präparate aus dem Kaninchen oder dem winterschlafenden Murmelthiere bereitet, weil die dickeren Hüftnerven dieser Geschöpfe mehr vertragen können.

§. 136. Untersucht man den lebenden Nerven eines Frosches oder eines Säugethieres, der nicht misshandelt worden, so findet man, dass mässige Stromstärken oder richtiger gesagt, Abgleichungsgeschwindigkeiten, die eine gewisse Grenze nicht überschreiten, nur Schliessungszuckungen bei jeder der beiden Stromesrichtungen geben. Ueberschreitet die Abgleichungsschnelligkeit eine gewisse Grösse, so hat man zunächst doppelte Wirkungen. Allein die Schliessungszuckung ist immer noch stärker als die Oeffnungsverkürzung bei jeder der beiden Stromesrichtungen.

Die Grenze der Abgleichungsgeschwindigkeit, bei der die einseitigen Wirkungen aufhören, kann ausserordentlich hoch in sehr kräftigen Fröschen liegen. Man erhält bisweilen jenes reine

Zuckungsgesetz des lebenden Nerven bei der Anwendung von Batterieen, die aus 100 grossen Zinkkohlen- oder aus 8 grossen Bunsen'schen Elementen bestehen, welche die stärkste Elektrolyse der Gewebe des Frosches sogleich einleiten und diese in der Nähe der erhitzten Elektroden verbrennen, ohne dass die Abgleichungszeit verhältnissmässig verlängert würde. Man kann in solchen Versuchen unmittelbar sehen, welchen Einfluss die rasch sich ändernde Molecularbeschaffenheit der Nerven auf den Erfolg ausübt. Steigert man allmählich die Stromstärke, während die Abgleichungszeiten nahezu die gleichen bleiben, so findet man bisweilen, dass eine zuerst genommene Stromdichtigkeit nur einseitige, eine stärkere doppelte und eine noch stärkere wiederum einseitige Wirkungen bei jeglicher Stromesrichtung herbeiführt.

§. 137. Da die Schliessung einer aufsteigenden und die Oeffnung einer niedergehenden Abgleichung entspricht, so kann man sagen, dass der lebende Nerv für die von Null wachsende Stromesschwankung empfänglicher als für die auf Null herabgehende ist. Diese Erscheinung gestattet, wie wir sehen werden, noch eine andere der Theorie der Nervenwirkung entsprechende Ausdrucksweise. Das gleiche Gesetz kann wiederkehren, wenn sich die Stromesdichtigkeit innerhalb zweier grosser endlicher Werthe ändert.

Ich senkte die Elektroden einer Zinkkohlenbatterie von 2 bis 8 Elementen in zwei Quecksilbergefässe, welche die Fortsetzungen zweier in der Hüftnervengegend des sonst unversehrten Oberschenkels eines lebenden Frosches befestigter amalgamirter Elektrodennadeln ebenfalls aufnahmen. Die Quecksilbergefässe empfingen noch zwei andere Dräthe, die für eine Nebenschliessung bestimmt waren. Diese enthielt einen Rheostaten, durch den man einen Widerstand von $^1/_{20}$ bis 20 Wegstunden eidgenössischen Telegraphendrathes einschalten konnte und ein Uhrwerk, das einen Eisenstift trieb, der einen Quecksilbertropfen an einer bestimmten Stelle seines Umganges durchschnitt. Die Nebenschliessung wurde erst durch den Eintritt der Spitze des Stiftes in den Quecksilbertropfen metallisch vervollständigt und durch den Austritt desselben wiederum unterbrochen. Hatte man die Batterie geschlossen und liess das Uhrwerk gehen, so erhielt man während je eines Umganges des Stiftes eine für den Froschnerven sinkende Abgleichung bei dem Eintritte und eine nahezu gleichgrosse steigende bei dem Austritte des Stiftes aus dem Quecksilbertropfen, die sich zwischen zwei beträchtlichen endlichen Werthen hielt und um so bedeutender ausfiel, je grösser der durch den Rheostaten eingeschaltete

Widerstand war. Konnte man die dem Einzelfalle entsprechende Widerstandsgrösse am Rheostaten herstellen, so bekam man nur eine Zuckung bei dem Austritte des Stiftes aus dem Quecksilbertropfen, nicht aber bei dem Eintritte, also nur bei der auf- und nicht bei der absteigenden Abgleichung. Verkleinerte man den Widerstand in geringem Grade, verminderte man also die Abgleichungsgrösse um einen unbedeutenden Werth, so gab die sinkende Abgleichung bei dem Eintritte nur eine Spur von Verkürzung, die steigende dagegen eine starke Zusammenziehung. Der Erfolg blieb immer derselbe, der Strom mochte die Nervenstrecke ab- oder aufsteigend durchsetzen.

Ist der eingeschaltete Widerstand zu gross, tritt also die Aenderung zu plötzlich ein, so führt auch die fallende Abgleichung zu einer kräftigen Zusammenziehung. Man erhält aus demselben Grunde eine Zuckung, wenn man eine metallische Nebenschliessung eines den Nerven enthaltenden galvanischen Kreises von hinreichender Stromstärke nicht allzu langsam öffnet. Da schwache Salzlösungen, also auch die von der Ernährungsflüssigkeit durchtränkten Thiergewebe Millionen Mal schlechter leiten, als die Metalle, so erzeugt eine selbst verhältnissmässig schnelle gänzliche Beseitigung einer metallischen Nebenschliessung eine so bedeutende Abgleichungsgeschwindigkeit, dass die Muskelzusammenziehung nicht ausbleibt.

§. 138. Die einseitigen Wirkungen des lebenden Nerven führen zu einem auffallenden Unterschiede von den Inductionserscheinungen, die immer bei dem Schlusse und der Oeffnung der Kette auftreten. Die Deutung der Eigenthümlichkeit soll uns später beschäftigen.

§. 139. Fassen wir jetzt Alles zusammen, so lässt sich über die Hauptnormen der Wirkungen elektrischer Ströme auf die Bewegungsnerven nach unseren gegenwärtigen Kenntnissen aussagen:

1. Der elektrisch gereizte Nerv oder Muskel kann Verkürzungen im Augenblicke des Schlusses, während des Geschlossenseins, im Momente der Oeffnung und nach der Unterbrechung des Stromkreises darbieten. Die Zuckungen, welche der Aufhebung des Stromkreises bisweilen nachfolgen, mögen hier vorläufig unberücksichtigt bleiben, weil ihr Verständniss die Bekanntschaft mit Thatsachen voraussetzt, die wir erst bei der Betrachtung der elektrischen Misshandlungen darstellen werden.

2. Da die gewöhnlichen Froschpräparate mässige Stromschwankungen mit einer Schliessungs- und einer Oeffnungszuckung beant-

worten, während des Geschlossenseins der Kette dagegen erschlafft bleiben, so glaubte man, dass nur die Veränderung der Stromesdichte von einem Augenblicke zum anderen als Zuckungserreger wirkt. Dieser Ausspruch ist zu eng. Die oben dargestellten Verhältnisse der mit Curare vergifteten Muskeln und ähnliche die Nerven betreffende, später zu erläuternde Erscheinungen weisen nach, dass anhaltende Zuckungen während der Dauer des Geschlossenseins der Kette auftreten können, die sich nicht aus Stromesschwankungen erklären lassen. Man muss daher auch den durchfliessenden Strom von einer gewissen absoluten Stärke als Zuckungserreger gelten lassen und diesen Fall nicht mit den stürmisch wirkenden Folgen der sehr kräftigen und endlich zerstörenden Elektrolyse ungewöhnlich starker Batterieen verwechseln.

3. Der Zustand des Nerven oder des Muskels bestimmt es, welche Abgleichungsgeschwindigkeit eine Zusammenziehung herbeiführt. Diese bildet aber oft genug nicht das einzige Bedingungsglied der Wirkungen. Die Molecularbeschaffenheit des Nerven entscheidet es, ob dieselbe mittlere Abgleichungsgeschwindigkeit bei dem Schlusse der Kette wirkt und bei der Oeffnung unthätig ist oder nicht.

4. Es gibt einen gewissen niederen Werth der Abgleichungsgeschwindigkeit, die keinen merklichen Erfolg nach sich zieht, dagegen immer noch verborgen (§. 118.) wirken kann. Die in den gewöhnlichen Fällen eintretende Erschlaffung während des Geschlossenseins der Kette lässt sich nach diesem Grundsatze erklären. Die Abgleichungsgeschwindigkeiten liegen dann zwischen Null und dem grössten Werthe der merklichen Wirkungslosigkeit. Da aber dieser Grenzbezirk im Anfange der Schliessung vollständig durchlaufen wird, wenn der elektrische Strom überhaupt Verkürzungen hervorruft, so folgt, dass man dann immer eine erste Periode der merklichen Wirkungslosigkeit (und zum Theil der verborgenen Wirkung) hat und die thätige Abgleichungsgeschwindigkeit zwischen zwei endlichen Grenzwerthen in jedem Falle liegt. Dasselbe gilt für die Oeffnung der Kette. Man darf aber nicht schliessen, dass die Breite der Wirkungslosigkeit für die Schliessung und die Unterbrechung des Stromkreises immer die gleiche sei. Denn jene hat eine Bewegung der Nervenmolecüle anzuregen, während diese eine schon vorhandene Veränderung derselben (Elektrotonus) antrifft. Der Schluss und die Oeffnung der Kette sind unter diesen Verhältnissen für die physiologische Wirkung keine Processe, die Nullwerthe der Abgleichungsgeschwindigkeiten an ihren Endpunkten haben. Man kann sagen,

alle Arten von merklichen Wirkungen, sei es der Schliessung oder Oeffnung einer Kette, sei es der plötzlichen Aenderung der Leitungswiderstände des Kreises, stimmen darin überein, dass nur Abgleichungen zwischen endlichen Werthen für die Verkürzungserfolge vorhanden sind.

5. Da die Schliessung eine wachsende und die Oeffnung eine fallende Abgleichung einleitet, so muss man mit Rücksicht auf das Zuckungsgesetz des lebenden Nerven annehmen, dass dieser nur eine steigende, nicht aber eine abnehmende Stromesschwankung von hinreichender Schnelligkeit beantwortet, so lange die Abgleichungsgeschwindigkeit des irgendwie gerichteten Stromes zwischen dem endlichen Minimalwerthe der merklichen Wirkung und einer von der Beschaffenheit des Nerven und des Muskels abhängigen Maximalgrösse liegt. Wird die letztere überschritten, so führt auch die fallende Abgleichung zu Zusammenziehungen. Man erhält daher doppelte Wirkungen und zwar zunächst mit dem Gepräge des Zuckungsgesetzes des lebenden Nerven d. h. mit stärkerer Schliessungs-, als Oeffnungszuckung für beide Stromesrichtungen.

6. Misshandlungen, die den Nerven im Leben oder nach dem Tode treffen, können die Molecularbeschaffenheit desselben so ändern, dass das Auftreten der Muskelverkürzung von der Stromesrichtung abhängt. Man hat dann gewöhnlich nur eine Zuckung bei dem Einbrechen des ab- und eine bei dem Austritte des aufsteigenden Stromes. Es gibt jedoch Mischungen des Nervenmarkes, welche die entgegengesetzten Beziehungen zu den Richtungen des erregenden Stromes herbeiführen.

7. Lässt man die Abgleichungsgeschwindigkeit von ihrer untersten wirksamen Grenze an allmählich anwachsen, so scheint zuerst ein Bezirk aufzutreten, innerhalb dessen die Zusammenziehungen in einer der Anschwellung der Abgleichungsschnelligkeit, also bei Gleichheit der Zeiten in einer den Stromstärken annähernd proportionalen Weise zunehmen. Man hat später eine Convergenz gegen ein Maximum der Zusammenziehung, das aber noch unter dem dem Muskel möglichen Maximum liegt. Es kann daher überschritten werden, wenn man einen einfachen elektrischen Schlag durch die Muskelmasse selbst leitet oder diese oder nur den Nerven mit rasch auf einander folgenden Schlägen tetanisirt. Erzeugt man grosse Abgleichungsgeschwindigkeiten durch bedeutende Stromstärken und nicht durch überaus kleine Abgleichungszeiten, so leidet zuletzt der Nerv durch die Elektrolyse in dem Grade, dass die Verkürzungen wiederum kleiner werden, als das

oben erwähnte Maximum beträgt. Die Abnahme der Hubhöhe wiederholt sich bei Schlägen von ausserordentlich kurzer Dauer. Die Grenze der Wirkungslosigkeit liegt aber hier um Vieles weiter, weil die schädliche Elektrolyse fehlt und der Mangel des sichtlichen Erfolges nur von der ausserordentlich kurzen Zeit abhängt, die nöthig ist, die Unruhe der Nervenmolecüle innerhalb eines Bezirkes von endlicher Grösse herzustellen. Wahrhaft instantane Schläge d. h. solche die nur eine unendlich kleine Zeit anhalten, sind daher wirkungslos.

8. Zwei Schwankungen von übereinstimmender mittlerer Abgleichungsgeschwindigkeit (§. 119.) können verschieden grosse Zusammenziehungen unter sonst gleichen Nebenverhältnissen zur Folge haben, weil die mittlere Abgleichungsgeschwindigkeit nicht nothwendiger Weise mit der wirklichen zusammenfällt. Beide sind nur dann gleich, wenn die Stromstärken den Zeiten proportional wachsen, die Abgleichungscurve also einer geraden Linie entspricht (§. 113.), welche den Abscissenpunkt am Anfange des ersten Zeittheilchens mit dem der grössten Stromstärke entsprechenden Ordinatenende verbindet. Die Incongruenz der Schliessungsflächen und die Ungleichförmigkeit der Bewegung der schliessenden Elektrodenstücke machen es immer unmöglich, dass die mittlere und die wirkliche Abgleichungsgeschwindigkeit in unseren Versuchen genau zusammenfallen. Sie lassen auch die wirkliche von einem zu dem anderen Male wechseln.

Nehmen wir z. B. an, dass die Stromesschwankung zwei Zeittheile in Anspruch nimmt. Sie steigt bei der ersten Schliessung im ersten und bei einer zweiten im zweiten steiler an, so wird die Längenabnahme in dem ersten Versuche grösser ausfallen, weil eine um so stärkere Erregung dazu gehört, den schon zusammengezogenen Muskel sich um eine beständige Grösse ferner verkürzen zu lassen, je mehr vorher seine Längenabnahme durchgegriffen hat.

9. Der lebende Nerv ist für eine fallende Abgleichung, die man durch die negativen Tangentenwerthe des entsprechenden Winkels ausdrücken kann, unempfindlicher, als für eine steigende oder positive von gleicher scheinbarer Grösse. Jene bleibt noch wirkungslos, wenn diese schon eine beträchtliche Zusammenziehung herbeiführt. Man bemerkt den Unterschied nicht bloss, wenn man den Strom schliesst und öffnet, sondern auch wenn Widerstände von passender Grösse während des Geschlossenseins der Kette plötzlich eingeführt werden, also bei Schwankungen zwischen hohen endlichen Grenzwerthen.

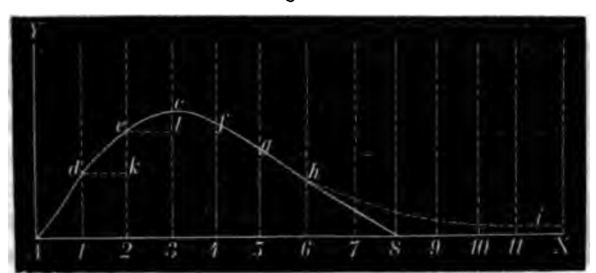
§. 140. Die zeitlichen Verhältnisse der Muskelverkürzung bieten manche Eigenthümlichkeiten dar, welche an die Erscheinungen des Magnetismus und der Induction erinnern.

Es bedarf eine endliche Zeit, bis der Magnetismus eines Elektromagneten zu seinem Maximum anschwillt und ebenso, bis die Muskelfaser ihre grösste Zusammenziehung erreicht. Die Rückkehr zu dem frühern Zustande fordert in beiden Fällen messbare Zeitwerthe.

§. 141. Hat man eine inducirende und eine Inductionsspirale, so dass sich der Einfluss von Extraströmen geltend macht, so kann der Intensitätswechsel der Inductionsströme Curven liefern, welche an wesentliche Eigenschaften der Muskelcurven erinnern.

Lässt man z. B. die Schliessungszuckung eines Muskels über einer geradlinigen Zeitabscisse, also auf einer mit gleichförmiger Geschwindigkeit fortgeführten ebenen Platte oder einem um seine Achse sich drehenden Cylinder, aufschreiben, so erhält man in der Regel eine Hauptform, die *Adec*8 Fig. 6. schematisch darstellt.

Fig. 6.

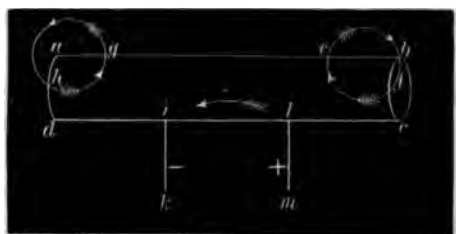


Man sieht zunächst, dass die steigende Verkürzung *Adec*, die man gewöhnlich nur als die Zusammenziehung bezeichnet, weniger lange als die fallende oder die sogenannte Erschlaffung *cfgh*8 anhält. Die Fälle, in denen das Umgekehrte stattfindet, bilden eine kleine Minderzahl. Zieht man die Linien *dk* und *el* parallel der Zeitabscisse *AX*, so ergibt sich, dass die Verkürzung mit abnehmender Geschwindigkeit wächst, da *ek* kleiner als 1*d* und *cl* kleiner als *ek* ist. Die sinkende Verkürzung fällt ebenfalls in den ersten Zeiten 3 4 oder 4 5 grösser, als in den letzten 6 7 oder 7 8 aus. Es kommt sogar in einzelnen später zu erwähnenden Fällen vor, dass sich die Curve zuletzt, wie *hi* scheinbar asymptotisch der Abscisse nähert, die Längenzunahme des Muskels also nur sehr langsam wächst.

Die theoretischen Berechnungen und die Versuche, welche HELMHOLTZ, BEETZ und DU BOIS über die Einflüsse der Extraströme auf die Inductionsströme anstellten[1]), führen zu ähnlichen Curven für einzelne hier nicht darzustellende Nebenbedingungen, wenn man die Zeiten als Abscissen und die Stärken der Inductionsströme als Ordinaten aufträgt. Man hat den Fall, dass der Inductionsstrom mit abnehmender Geschwindigkeit steigt, dass er langsamer abfällt, als er emporgegangen war und daher der sinkende Theil eine geringere physiologische Wirkung, als der anschwellende darbietet. Die asymptotenähnliche Annäherung an die Abscisse bei dem Aufhören kann ebenfalls vorkommen. Da aber alle diese Verhältnisse nur aus den Einflüssen der Extraströme hervorgehen, so vermag die Aehnlichkeit der Curven mit denen der Muskelzusammenziehung keine tiefere Beziehung, wenigstens nach unseren gegenwärtigen Kenntnissen, nachzuweisen.

§. 142. Der Name des Elektrotonus der Nerven rührt von einem Vergleiche mit Magnetisirungs- oder Inductionserscheinungen her. Ist *abcd* Fig. 7. ein ausgeschnittener Nerv, *ab* seine natürliche Längsfläche, *ad* und *bc* seine beiden künstlichen Querschnitte, so liefert ein nirgends elektromotorisch wirksamer Schliessungsbogen, der einen Stromanzeiger z. B. ein Galvanometer enthält, und bei *e* und *f* oder bei *g* und *h* den Nerven berührt, einen Strom, dessen Richtung von dem Punkte der Längsfläche *e* oder *g* zu dem entsprechenden Punkte der Querschnittsfläche *f* oder *h* ausserhalb, folglich entgegengesetzt innerhalb des Nerven dahingeht, wie es die Pfeile andeuten. Erregt man nun einen Bezirk *il*, indem man die Elektroden *ik* und *lm* einer galvanischen Kette anlegt, so würde man bei einem unorganischen Körper nur die Veränderung erhalten, dass die erregte Strecke *il* während der Dauer des Geschlossenseins von dem Strome durchflossen wird. Der Nerv dagegen zeigt die Eigenthümlichkeit, dass auch benachbarte abgeleitete Bezirke *lc* und *id*


Fig. 7.



[1]) Siehe das Nähere bei WIEDEMANN, Galvanismus. Bd. II. S. 740—757 u. S. 794—803. Vgl. auch FEILITZSCH, Elektrische Fernwirkungen. (Karsten's Encyklopädie) S. 475.

von grösserer oder geringerer Ausdehnung Veränderungen darbieten. Sie werden nämlich säulenartig polarisirt und zwar so, dass die durch diese Polarisation bedingte Stromesrichtung mit der des durchgeleiteten erregenden Stromes übereinstimmt. Ist nun z. B. der positive Pol der Kette bei *l*, so dass der Strom den Nerven von *l* nach *i* durchsetzt, so fällt diese Richtung mit der des ursprünglichen Nervenstromes innerhalb des Nerven für *cl* zusammen. Die säulenartige Polarisation summirt sich daher mit dem ursprünglichen Nervenstrome zu einer stärkeren Wirkung. Die Strecke *lc* befindet sich dann in der positiven Phase des Elektrotonus. Der durch Nervenstrom *ef* erzeugte Ausschlag der Galvanometernadel vergrössert sich unter diesen Verhältnissen. Man hat die negative Phase für *di*, weil hier die polarisirende Wirkung und der ursprüngliche Nervenstrom im Nerven entgegengesetzte Richtungen verfolgen, ihre Gesammtwirkung also verkleinernd ausfällt. Die durch den Nervenstrom abgelenkte Galvanometernadel weicht also zurück. Der Elektrotonus selbst aber besteht darin, dass die durch den elektrischen Strom in dem Elektrolyten erzeugte säulenartige Polarisation die erregte Strecke des Nerven beiderseits überschreitet, wie auch ein Eisenkern, dessen Mitteltheil nur von einer inducirenden Spirale umgeben ist, noch ausserhalb derselben magnetisch wird.

§. 143. Wir haben schon §. 122. gesehen, dass die magnetisirende Wirkung mit der Stärke des inducirenden Stromes und der Zahl der Windungen d. h. der Länge der inducirenden Spirale wächst und sich auf eine um so grössere Strecke des Eisenkernes ausdehnt, je weniger Widerstand die Molecüle der Richtungsthätigkeit des einwirkenden Stromes entgegensetzen. Man hat in ähnlicher Weise einen um so kräftigeren Elektrotonus, je mehr die Stromesintensität innerhalb gewisser Grenzen zunimmt und sich die Länge der erregten Strecke vergrössert. Wenn der Elektrotonus durch die ursprüngliche Beschaffenheit des Nerven wesentlich bestimmt wird, so hängt dieses davon ab, dass die Richtkraft der Nervenmolecüle inner- und ausserhalb des erregten Bezirkes von dem augenblicklichen Molecularzustande des Nervenmarkes bedingt ist. Man hat also hier eine Aehnlichkeit mit den verschiedenen Wirkungen der elektrischen Ströme auf einen weichen Eisen- oder auf einen harten Stahlkern (§. 131.) und darf keine Verschiedenheit darin finden wollen, dass die magnetisirende Kraft einer Spirale von dem Stoffe ihres Drathes unabhängig ist.

§. 144. FARADAY nannte den Zustand der Molecüle der inducirten Masse während der Dauer des Geschlossenseins des inducirten Stromes den Elektrotonus (§. 133.). Die in mancher Hinsicht ähnlichen Verhältnisse bewogen DU BOIS[1]) die oben geschilderten während des Stromdurchganges auftretenden Veränderungen der elektrischen Eigenschaften des Nerven mit demselben Namen zu bezeichnen.

Man sieht übrigens, dass ein durchgreifender Unterschied in beiden Fällen Statt findet. Der inducirende Strom verläuft ausserhalb des Elektromagneten, der erregende innerhalb des Nerven. Der letztere liesse sich daher nur mit einer Spirale vergleichen, deren mittlerer Theil von dem Strome durchkreist würde, die aber zugleich die Eigenschaft hätte die stromfreien Bezirke im Sinne des Stromes zu polarisiren.

§. 145. Da die Empfindungseinflüsse und die Bewegungswirkungen eines Nerven mit der Länge der erregten Nervenstrecke wachsen, so hat man hier ebenfalls eine Aehnlichkeit mit den Inductionserscheinungen finden wollen, indem auch diese mit der Windungszahl der inducirenden Spirale zunehmen.

§. 146. Die elektrischen Organe der Zitterrochen und des Zitterwelses enthalten Blättchen, die, wie Platten einer Volta'schen Säule geschichtet sind und in und an denen sich die Blutgefässe und die Nerven verbreiten. Man hat die die letztern enthaltende Schicht mit dem Namen der elektrischen Platte bezeichnet. Denkt man sich den Fisch wagerecht, so steht die Ebene der Blättchen ebenfalls wagerecht im Zitterrochen und senkrecht im Zitteraale. Reizt man die Nerven des Thieres, so geht der in Folge dessen auftretende Strom des Entladungsschlages von dem Rücken nach der Bauchfläche im Zitterrochen und von vorn nach hinten im Zitteraale. Er schneidet also immer die Richtung der Ebene, in der sich die Nervenerregung fortpflanzt, unter rechtem Winkel.

§. 147. Erzeugt man eine Magnetoinduction, indem man einen Magneten in eine Drathspirale rasch einschiebt, so ist die Bewegung des inducirenden Stromes senkrecht auf der den Nord- und den Südpol verbindenden Magnetachse. Man kann also die Richtung der letzteren mit der der Fortpflanzung der Nervenerregung vergleichen. Denkt man sich, um das Bild zu vervollständigen, statt der Nervenmasse innerhalb der elektrischen Platte eine Reihe von

[1]) DU BOIS, Untersuchungen. Bd. II. S. 388. 389.

Magneten, die aus irgend einem Grunde, wie die Nervenmolecüle im Augenblicke der Thätigkeit, plötzlich verrückt würden, so könnten ihre eigenen Molecularmagnete mittelst ihrer auf der elektrischen Platte senkrechten Solenoidströme ihnen parallele Ströme in benachbarten Leitern induciren. Da der Schlag des Zitterfisches nur eine einzige Stromesrichtung, nicht aber eine am Anfange und eine entgegengesetzte am Ende darbietet, so wiederholt sich hier dieselbe Abweichung von den Inductionserscheinungen, wie bei dem Zuckungsgesetz des lebenden Nerven (§. 136.). Die Entladung des Zitterfisches muss daher als ein Parallelstück der Schliessungszuckung angesehen werden, wie ja auch viele andere Wirkungen der elektrischen Organe nach ganz ähnlichen Normen, wie die durch die Nerventhätigkeit erzeugten Muskelzusammenziehungen erfolgen. Die Analogie lässt sogar mit ziemlicher Wahrscheinlichkeit erwarten, dass die Verrückungsrichtung der Muskelmolecüle bei der Zusammenziehung auf der Fortpflanzungsrichtung der Unruhe der Nervenmasse senkrecht stehe.

§. 148. Das Ganze dieser Betrachtungen wird zu der Ueberzeugung führen, dass zwar viele Aehnlichkeiten der Nerven- und Muskelwirkung mit der elektrischen Induction auftreten, dass jedoch eine nicht geringe Zahl scheinbarer oder wirklicher Abweichungen vorkommt, ein Theil der Analogieen nur unvollständig und ein anderer auf keine klaren Grundverhältnisse nach unseren gegenwärtigen Kenntnissen zurückzuführen ist. Es ergibt sich hieraus, dass beide Klassen von Erscheinungen nicht wahrhaft gleich sind, dass die hin und wieder auftretenden Analogieen (neben den zahlreichen Unterschieden) nur davon herrühren, dass hier und da einzelne ähnliche Resultanten aus den mechanischen Grundprocessen hervorgehen. Diese letztere Anschauungsweise bewährt sich noch bei einer Erweiterung der Betrachtung.

§. 149. WIEDEMANN[1]) hat eine Reihe von Aehnlichkeiten zwischen der Torsion und der Magnetisirung von Eisendräthen übersichtlich zusammengestellt. Man kann noch manche scheinbare oder begründete Parallele in Betreff der Nervenwirkungen hinzufügen.

Erschütterungen eines Eisenstabes während der Torsion oder während des Durchganges eines elektrischen Stromes verstärken die Drehung oder die magnetisirende Wirkung. Alle Einflüsse, welche die Beweglichkeit der Nervenmolecüle erhöhen, bilden auch Ver-

[1]) WIEDEMANN, Galvanismus. Bd. II. S. 446—448.

grösserungsmittel der Leistungen. Die nach der Torsion zurückbleibende Drehung der Eisendräthe nimmt durch ihre Magnetisirung und der permanente Magnetismus der Stahlstäbe durch die Torsion derselben ab. Die Grösse des beständigen Nervenstromes verkleinert sich durch die während der Nerventhätigkeit und die des Muskelstromes durch die während der Verkürzung erzeugte Molecularveränderung. (Negative Stromesschwankung). Wiederholte Magnetisirungen eines tordirten Drathes in gleichem Sinne vermindern die Torsion immer weniger und wirken zuletzt gar nicht. Dasselbe gilt für wiederholte Tordirungen eines magnetisirten Stahlstabes in Betreff des Magnetismus. Wiederholte Reizungen des Nerven oder des Muskels führen zu immer kleineren Leistungen. Magnetisirt man einen Drath, der durch Magnetisirung in einem Sinne nicht mehr detordirt wird, in einem entgegengesetzten Sinne, so tritt eine neue Abnahme der Torsion ein. Derselbe Satz gilt auch für die Veränderung des Magnetismus der Stahlstäbe durch Torsionswirkungen. Ein Nerv, der einen absteigenden, zu oft wiederholten Strom nicht mehr beantwortet, erwiedert einen aufsteigenden mit Lebhaftigkeit und umgekehrt. Ein tordirter Drath, der zum Theil detordirt worden, verliert bei seiner Magnetisirung viel weniger an seiner Drillung, als ein gewöhnlich tordirter und ein magnetisirter Stab, der zum Theil entmagnetisirt worden, büsst bei der Torsion viel weniger Magnetismus als ein gewöhnlich magnetisirter ein. Ein Nerv, der sich durch Ruhe oder durch passende elektrische Einflüsse von seinem ihm früher durch Reizung aufgezwungenen Molecularzustande erholt hat, verträgt eine neue Reizung oder Molecularverrückung besser, als ohne die Erholung. Je stärker der Drath detordirt worden, um so kräftiger muss die Magnetisirung sein, um das Maximum der Torsion durch sie hervorzurufen. Dasselbe gilt für einen entmagnetisirten Stab in Betreff der Torsion. Je mehr sich der Nerv erholt hat, um so kräftiger kann die Erregung ausfallen, die noch das Maximum der Wirkung und keine Erschöpfung hervorruft. Die scheinbaren Ausnahmen hiervon werden uns später beschäftigen. Die Folge wird auch lehren, dass der An- und der Katelektrotonus manche hierher gehörende Vergleiche möglich machen.

Wie der Magnetismus des Eisens in der Roth- oder der Weissglühhitze aufhört, weil vielleicht die Doppelatome des Eisens in einfache übergehen[1]), so ändert jeder Vorgang, der die chemische

[1]) Mauritius, in Pogg. Ann. Bd. CXX. 1863. S. 411.

Beschaffenheit des Nervenmarkes wechseln lässt, die Nerventhätigkeit und hebt sie zuletzt gänzlich auf. Haben gewalzte Eisenplatten eines Schiffes einen bestimmten Magnetismus in der nördlichen Hemisphäre durch den Erdmagnetismus angenommen, so verlieren sie ihn nur allmählich in der südlichen Halbkugel. Dieser von AIRY[1]) sogenannte subpermanente Magnetismus erinnert an die allmähliche Ausgleichung einer bestimmten Stimmung der Nerven und selbst der Muskeln durch entgegengesetzte Einwirkungen. Wie früher schon zum Theil erläutert wurde, führt die Zunahme der äusseren Kräfte zu keinen mit ihnen gleichförmig wachsenden, sondern zu verhältnissmässig allmählich abnehmenden und gegen ein Maximum asymptotisch convergirenden Erfolgen bei der Torsion, der durch die Elasticität bedingten Formveränderung, den magnetischen Inductions- und Coërcitiv- oder Retentionserscheinungen, der Nerventhätigkeit und der Muskelverkürzung.

Torsion, Magnetismus, Nerven- und Muskelthätigkeit sind zwar wesentliche verschiedene Erscheinungen. Sie stimmen aber darin überein, dass sie von Molecularverrückungen begleitet werden, und die Molecüle einen von der augenblicklichen Beschaffenheit der Masse abhängigen Widerstand dem Uebergange in eine neue und der Rückkehr in die alte Gleichgewichtslage entgegensetzen. Diese gemeinsamen Eigenschaften führen zu einer gewissen Reihe ähnlicher Folgen.

§. 150. Der oft ausgesprochene und eben so oft wiederum in Vergessenheit gerathene Satz, dass Nervenwirkung und Elektricität das gleiche seien, fand immer seine lebhafteste Vertheidigung, so wie eine wichtige auf die thierischen Gewebe anwendbare Entdeckung der Elektricitätslehre die Geister blendete[2]). Die neueren Fortschritte der Elektrophysiologie dürften aber die Berechtigung jener Annahme für die Zukunft beseitigen, indem sie den elektromotorischen Eigenschaften der Nerven und der Muskeln die ihnen gebührende Nebenrolle bei der Nerven- und Muskelthätigkeit zuweisen.

§. 151. Da die Molecüle der Thiergewebe durch feuchte Leiter allseitig verbunden sind, so hat jeder äussere ableitende Schliessungsbogen den Charakter einer Nebenschliessung, durch den nur ein

---

[1]) LAMONT, Magnetismus in Karsten's Encyklopädie der Physik. S. 28.

[2]) Siehe z. B. das Geschichtliche bei DU BOIS, Untersuchungen. Bd. II. S. 210—251.

Theil der in Bewegung gesetzten Elektricitätsmenge strömt. Die wahren elektromotorischen Kräfte sind daher grösser, als die, welche man aus den Wirkungen auf das Galvanometer entnehmen kann. Es hatte zuerst den Anschein, als wenn die Nerven und die Muskeln die einzigen Thiergewebe wären, die bedeutende elektromotorische Kräfte an jenen Messinstrumenten verrathen und daher noch beträchtlichere in der Wirklichkeit besitzen. Da sie die Hauptträger der höchsten thierischen Leistungen bilden, so lag es nahe, die Identität ihres wirklichen physiologischen und ihres scheinbaren elektrischen Vorrechtes in dem Sinne zu deuten, dass eben jene elektrischen Kräfte und deren Aenderung das Wesentlichste der Nerven- und der Muskelthätigkeit ausmachen. Diese Ansicht schien noch dadurch gestützt zu werden, dass sich die Richtung des Nerven- und des Muskelstromes kürzere oder längere Zeit nach dem Verluste der lebendigen Leistungsfähigkeit umkehrt.

§. 152. Die von BUDGE gefundene elektromotorische Wirksamkeit der Haut des Frosches spricht ziemlich nachdrücklich gegen diese Auffassung. Die Aussenfläche und ein künstlicher Querschnitt der Haut geben einen verhältnissmässig kräftigen Strom, dessen Richtung der des gewöhnlichen Muskelstromes entgegengesetzt ist. Denn jener geht im Schliessungsbogen von dem künstlichen Querschnitte zu der Aussenfläche, dieser dagegen in den bei weitem meisten Fällen von der äusseren Längsfläche des Muskels zum künstlichen Querschnitte. Die Verbindung der Aussenfläche der Haut mit dem künstlichen Querschnitte gibt stärkere Ströme, als die der Innenfläche und des letzteren oder die von Querschnitt zu Querschnitt. Man kann weder eine negative Stromesschwankung noch Elektrotonus mit Sicherheit nachweisen. Der Strom kehrt sich, wenn die Fäulniss tiefer eingegriffen hat, um, so dass dann der Querschnitt den negativen Theil bildet. Die Aussenfläche der Haut kann schwach alkalisch reagiren, sie mag negativ oder positiv am Galvanometer erscheinen.

Es war überhaupt nicht vollkommen gerechtfertigt, wenn man die elektromotorischen Eigenschaften als einen besonderen Vorzug der Thiergewebe ansah. Die Ampère'sche Theorie des Magnetismus (§. 131.) nöthigt am Ende, elektromotorische Eigenschaften den Molecülen der magnetisirbaren Körper ebenfalls zuzuschreiben, da sonst die Fortdauer elektrischer Ströme undenkbar wäre.

§. 153. Wäre die elektromotorische Wirksamkeit das Wesentlichste in der Nerven- und der Muskelthätigkeit, so liesse sich er-

warten, dass die Verhältnisse beider vollkommen Hand in Hand gingen. Dieses ist nicht der Fall.

Man kennt bis jetzt keinen Theil, dessen natürliche Nervenenden allein als zweite Ableitungsstelle neben der natürlichen Längsfläche des Nerven benutzt werden könnten. Man untersucht daher immer den elektrischen Gegensatz zwischen der natürlichen Längsfläche und dem künstlichen Querschnitte. Der Strom geht dann von jener zu diesem ausserhalb und von diesem zu jener innerhalb des frischen Nerven (Fig. 7. S. 70). Die durch irgend eine Erregung hervorgerufene Thätigkeit des letzteren vermindert den elektrischen Gegensatz und erzeugt hierdurch die sogenannte negative Stromesschwankung. Nun kann man es durch eine vorsichtige beinahe bis zur Zerstörungsgrenze der Lebensthätigkeit steigende Erwärmung dahin bringen, dass der Nerv eines Froschpräparates den umgekehrten ruhenden Nervenstrom darbietet d. h. dass der Strom ausserhalb des Nerven vom künstlichen Querschnitte zur natürlichen Längsfläche geht. Man stösst bisweilen auf ähnliche Nerven in Präparaten, die man sich aus Murmelthieren verfertigt, welche während des Winterschlafes getödtet worden. Der den umgekehrten Strom anzeigende Frosch- oder Säugethiernerv kann aber dessenungeachtet noch Muskelzusammenziehungen hervorrufen [1]).

Versuche die sich an erstarrten Murmelthieren anstellen lassen, liefern eine noch sicherere Grundlage für die Hauptfolgerung. Man umschnürt die Luftröhre des Thieres, durchschneidet den Hüftnerven und verbindet die Längsfläche und den künstlichen Querschnitt des centralen Stückes desselben mit der unpolarisirbaren Vorrichtung des Galvanometers, so dass die bleibende Nadelablenkung den Strom des ruhenden Nerven anzeigt. Drückt man nun das andere unversehrte Hinterbein, so erhält man einen Rückschwung der Nadel oder eine negative Stromesschwankung statt der sonst eintretenden Reflexbewegung des zweiten Beines. Hat man ebenso den peripherischen Abschnitt eines durchschnittenen Zweiges des Achselgeflechtes mit dem Galvanometer verbunden und ätzt den Fuss mit Schwefelsäure oder verbrüht ihn mit heissem Wasser, so zeigt sich wiederum eine negative Stromesschwankung statt der sonst eintretenden Empfindung. Nun kann es sich in beiden Versuchen ereignen, dass man einen richtigen oder einen umgekehrten Strom des ruhenden Nerven antrifft. Die Nadel geht immer zurück oder die negative

[1]) Siehe schon du Bois, Untersuchungen. Bd. II. S. 553.

Stromesschwankung erfolgt stets im Sinne des eben vorhandenen Stromes.

Diese Thatsachen lehren, dass der Vorgang im Nerven, der zur Bewegung oder Empfindung führt, den Nervenstrom schwächt, er mag die gewöhnliche oder ausnahmsweise die umgekehrte Richtung darbieten, und in beiden Fällen die Nervenerregung bis zu dem künstlichen Querschnitt, der mit dem Galvanometer verbunden ist, fortgepflanzt wird.

§. 154. Die Muskeln können das Gleiche nachweisen. Die Wadenmuskeln des Frosches und der Säugethiere zeigen z. B. die Eigenthümlichkeit, dass das eine Sehnenende im Verhältniss zur Längsfläche positiv und das andere negativ erscheint. Der Muskel des Frosches liefert die absteigende Spannungsreihe: oberes Sehnenende, Längsfläche und unteres Sehnenende. Verbindet man also die Längsfläche und die Achillessehne mit dem Galvanometer, so geht durch dieses ein Strom, der von der Längsfläche des Muskels zur Sehne verläuft. Man hat den sogenannten richtigen Muskelstrom. Die Verbindung der Längsfläche mit dem oberen Sehnenende gibt den umgekehrten Muskelstrom in dem frischen und kräftigen Muskel. Zwingt man diesen zur Zusammenziehung, so erhält man immer eine negative Schwankung des Stromes, den man eben abgeleitet hat, ganz gleichgültig, ob für ihn die Längsfläche den positiven oder den negativen Theil abgegeben.

§. 155. Benutzt man einen Sauerwald'schen Multiplicator von 30000 Windungen, der auch den Gebrauch der Hälfte derselben und die Einschaltung einer Nebenschliessung von bedeutendem Leitungswiderstande gestattet, so bemerkt man nur eine negative Stromesschwankung im Augenblicke der Muskelzusammenziehung, man mag 15000 Windungen mit oder ohne Nebenschliessung anwenden. Meissner und Cohn[1]), die mit dem sehr empfindlichen Meissner-Meyerstein'schen Elektrogalvanometer arbeiteten, sahen, wie Matteucci schon früher angegeben, dass oft die Muskelzusammenziehung zuerst einen Ausschlag der Nadel im Sinne der Vergrösserung der Stärke des Muskelstromes und dann erst eine Abnahme oder die gewöhnliche negative Stromesschwankung herbeiführte. Beobachtungen, die man mit derselben Vorrichtung anstellt, zeigen, dass wiederum sowohl die im ersten Augenblicke vorhandene positive, als die spätere

[1]) Meissner und Cohn, Henle und Pfeuffer's Zeitschrift. Dritte Reihe. Bd. XV. 1862. S. 27—59. Vgl. auch Holmgren, Centralblatt der med. Wissensch. 1864. No. 19.

negative Schwankung des Muskelstromes im Sinne des eben vorhandenen Stromes eintritt, also nach entgegengesetzter Richtung, je nachdem die obere oder die untere Sehne und die Längsfläche des Wadenmuskels des Frosches mit dem Galvanometer verbunden ist.

§. 156. du Bois[1]) bemerkte schon, dass ein Froschnerv, dessen Nervenstrom durch die Einwirkung strahlender Wärme umgekehrt worden, eine Zunahme dieses Stromes oder eine positive statt der negativen Schwankung bei der Tetanisation lieferte. Dieselbe Erscheinung kann ausnahmsweise in den Nerven erstarrter Murmelthiere, wahrscheinlich in Folge der niedern Temperatur der Theile vorkommen. Die Muskeln von diesen und die von Fröschen, die sich länger im Eise aufgehalten haben[2]), zeigen bisweilen ebenfalls eine positive statt der negativen Schwankung ihres Stromes während ihrer Zusammenziehung.

§. 157. Wir sehen hieraus, dass die Möglichkeit der Leitung der Empfindungs- und Bewegungserregung nicht an die einzige gewöhnliche Richtung des Stromes des ruhenden Nerven oder Muskels gebunden ist. Dasselbe gilt von der Abnahme des elektromotorischen Gegensatzes im Augenblicke der Nervenreizung oder der Muskelzusammenziehung. Die freilich selten vorkommenden positiven Schwankungen des Nervenstromes und die oben erwähnten Erscheinungen des Muskelstromes lehren sogar, dass man im Allgemeinen nicht von einer Verminderung, sondern nur von einer Veränderung des elektrischen Gegensatzes während der Wirkung des Nerven und der Muskeln sprechen darf.

§. 158. Der vollkommen todte Nerv oder Muskel pflegt einen umgekehrten Strom ohne Bewegungserscheinungen d. h. ohne Elektrotonus und negative Schwankung darzubieten. Diese Veränderung tritt aber nicht unmittelbar nach dem Aufhören der Lebensthätigkeiten, sondern beträchtlich später ein. Die Theile des Menschen und der Säugethiere liefern hier vollständigere Belehrung, als die der Frösche.

Amputirte Glieder des Menschen und Muskeln der Säugethiere, besonders der erstarrten Murmelthiere zeigen, dass die dem Leben entsprechenden Richtungen des Muskelstromes noch Stunden und selbst mehr als einen Tag anhalten können, nachdem jede sichtliche Spur von neuro- oder idiomusculärer Verkürzungsfähigkeit ge-

[1]) du Bois, Untersuchungen. Bd. II. S. 553.
[2]) du Bois, Monatsberichte der Berliner Akademie. 1851. S. 396.

schwunden ist. Der entschieden todtenstarre Muskel hat einen umgekehrten Muskelstrom. Der richtige kommt nicht selten nach dem Aufhören der Steifheit abermals zum Vorschein.

§. 159. Der Nerv pflegt zuerst die negative Schwankung einzubüssen. Man hat dann häufig den Fall, dass sich der Nervenstrom umkehrt und die beiden Phasen des Elektrotonus im Sinne dieses umgekehrten Stromes auftreten. Es gehört zu den Seltenheiten, dass der Zeichenwechsel beider Erscheinungen nicht gleichsinnig erfolgt, dass man also die umgekehrten Elektrotonusphasen bei richtigem Nervenstrome vorfindet, gleichwie es nur als vereinzelte Ausnahme vorkommt, dass ein in Fäulnisszersetzung übergehender Murmelthiernerv eine positive statt der gewöhnlichen negativen Stromesschwankung darbietet.

§. 160. Manche Frosch- und Säugethiernerven verrathen die Eigenthümlichkeit, dass die durch den Elektrotonus bedingten Ausschläge der Galvanometernadel eine verhältnissmässig auffallende Grösse zu einer bestimmten Zeit der Selbstzersetzung erreichen. Die Polarisirbarkeit der Nervenmasse scheint auf der entsprechenden Stufe der Fäulnissveränderung grösser, als vor- und nachher auszufallen.

§. 161. Man kann nach dem Tode einen richtigen oder einen umgekehrten Nervenstrom ohne Bewegungserscheinungen vorfinden. Die elektromotorische Wirksamkeit nimmt endlich im Laufe der Fäulniss immer mehr ab, so dass zuletzt die Magnetnadel gar keinen Ausschlag gibt, der Nerv, wie man sich dann ausdrückt, stromlos ist.

§. 162. Alle Veränderungen, welche die Selbstzersetzung in den Muskeln und den Nerven hervorruft, treten nicht auf ein Mal in der ganzen Masse ein, sondern wechseln oft genug von Stelle zu Stelle. Man kann daher z. B. einen Muskel antreffen, dessen früher negatives Sehnenende schon positiv geworden, während das andere noch positiv geblieben ist, so dass die natürliche Längsfläche den negativen Theil bei jeder der beiden Ableitungsarten bildet. Ein Bündel des Achselgeflechtes kann den richtigen und ein benachbartes den umgekehrten Nervenstrom darbieten und sich dasselbe für verschiedene Längsstrecken desselben Nervenstammes wiederholen. Man sieht ferner häufig, vorzugsweise in Säugethieren, dass die Muskelmasse der tief störenden Veränderung eher verfällt, als die Nervensubstanz. Eine Muskelgruppe des Kaninchens z. B., die schon vollkommen todtenstarr ist, mithin einen umgekehrten Muskelstrom darbietet, schliesst nicht selten einen Nerven ein, an dem

man noch den richtigen Strom, den ihm entsprechenden Elektrotonus und selbst die negative Schwankung wahrnimmt.

§. 163. Das örtliche Fortschreiten der Fäulnisszersetzung des Nerven und des Muskels kann eine nur scheinbare Stromlosigkeit hervorrufen. Da die Galvanometernadel die Gesammtresultante aller in dem Kreise thätigen elektromotorischen Kräfte anzeigt, so wird sie ruhig bleiben, wenn die Wirkungen der richtigen und der umgekehrten Bezirke einander wechselseitig aufheben und in Bewegung verfallen, so wie man die Ableitungsstellen verschoben hat.

§. 164. Die Folgen der Nervendurchschneidung führen die Erkenntniss noch einen Schritt weiter, als die Fäulnisserscheinungen. Der mit dem Rückenmarke zusammenhängende Abschnitt eines getrennten Nerven bewahrt in der Regel seine gewöhnliche anatomische Beschaffenheit, sein Vermögen, Schmerzensempfindungen und Reflexbewegungen zu erregen, endlich seinen kräftigen richtigen Nervenstrom mit beiden Phasen des Elektrotonus und der negativen Schwankung in dem seiner Richtung entsprechenden Sinne. Der peripherische Theil dagegen verfällt einem Zersetzungsprocesse, der die sogenannte Nervenentartung erzeugt und dessen anatomische Merkmale wir schon §. 89. kennen gelernt haben. Ein Wechsel der elektromotorischen Eigenschaften folgt diesen Veränderungen.

Bedienen wir uns der Kürze der Bezeichnung wegen der Angabe der verschiedenen Entartungsstufen, wie sie S. 41 erklärt worden, so kann man schon ein Sinken der lebendigen und der elektromotorischen Leistungsfähigkeit während der ersten Stufe bemerken. Der Nervenstrom nimmt in der Folge immer mehr ab und gelangt endlich zu einem sehr geringen Werthe, welcher der Bezirk der kleinsten elektromotorischen Wirksamkeit heissen möge. Untersucht man Frösche, so findet man, dass diese sinkende Veränderung, so wie die Entartung des Nervenmarkes bei grösserer Wärme rascher, als in der Kälte zum Vorschein kommt. Dieses ist auch der Hauptgrund, wesshalb die peripherischen Abschnitte durchschnittener Säugethiernerven in wenigen Wochen oder Tagen eben so sehr entarten, als die der Froschnerven in einer Reihe von Monaten.

§. 165. Der Bezirk der kleinsten elektromotorischen Wirksamkeit kann schon erreicht werden, wenn das Nervenmark noch nicht in einzelne Stücke zerfallen ist, also vor der dritten Entartungsstufe. Man trifft ihn sogar bisweilen am Ende der ersten an. Die

Längsfläche und der künstliche Querschnitt von Froschnerven geben von da an bis zur letzten Stufe nur Ausschläge von 1° bis 8°, wenn man ein Galvanometer von 30000 Windungen gebraucht, die Nadel 40 bis 50 oder gar 60 bis 78 Secunden für eine Doppelschwingung nöthig hat und der Nervenstrom eines gesunden dünnen Nervenastes sie unter den gleichen Verhältnissen mit Heftigkeit an die Hemmung wirft.

§. 166. Ein abgestorbener gewöhnlicher Nerv, der einen äusserst schwachen regelrechten Strom gibt, kann Primitivfasern unter dem Mikroskope zeigen, deren Ansehen sich in Nichts von dem des lebenskräftigsten unterscheidet. Das Gleiche vermag wiederzukehren, wenn der durchschnittene Nerv schon den kleinsten Bezirk elektromotorischer Wirksamkeit darbietet, wenn er sich vorläufig nur durch die leichtere Gerinnbarkeit auszeichnet. Die späteren Stufen der Zerfällung, der Gerinnung und das Verschwinden des Markes üben keinen merklichen Einfluss mehr auf die Grösse jenes kleinsten elektromotorischen Wirkungsbezirkes aus. Die Stromesrichtung wechselt aber dann noch im Laufe der Zeit, wie wir sogleich sehen werden.

Wir können hieraus schliessen, dass der allerletzte Rest elektromotorischer Thätigkeit von den Hüllen herrührt. Gefaserte Bindegewebsmassen und Sehnen liefern ebenfalls einen elektrischen Gegensatz zwischen Längsfläche und Querschnitt, der aber so schwach ist, dass er nur mit empfindlicheren Galvanometern erkannt und selbst dann durch geringe Ausschläge angezeigt wird. Stücke der dickeren entarteten Säugethiernerven, die nur noch Spuren von Mark an einzelnen Stellen enthalten, erzeugen grössere Ausschläge als die Froschnerven, weil ihre bedeutenderen Querschnitte einen geringeren Leitungswiderstand herbeiführen.

§. 167. Es ergibt sich hieraus, dass der grösste Antheil des Nervenstromes von dem Markinhalte herrührt, ein kleiner dagegen von den Hüllen stammt und daher auch nach Entartung des Markes fortbesteht. Säugethiernerven, in deren Primitivfasern sich noch eine von manchen Forschern als Achsencylinder gedeutete schwarze Linie durch Sublimat darstellen lässt, die aber sonst nur einzelne Markbruchstücke in grösseren wechselseitigen Abständen führen, liefern Ablenkungen, die sich in den Grenzen des kleinsten Bezirkes der elektromotorischen Wirksamkeit halten.

§. 168. Untersucht man eine Reihe von Fröschen, deren Hüftgeflecht man an dem gleichen Tage durchschnitten hat, zu ver-

schiedenen späteren Zeiten, die aber schon dem Bezirke der kleinsten Wirksamkeit angehören, so sieht man, dass drei Perioden auf einander folgen. Die erste gibt einen richtigen, die zweite einen umgekehrten und die dritte wiederum einen richtigen Nervenstrom von sehr geringer Stärke. Erinnert man sich, dass dieser im Laufe der Fäulniss immer schwächer, dann Null und endlich umgekehrt wird, so lässt sich der oben erwähnte Wechsel durch die Annahme erklären, dass auch hier ein ähnlicher Gang, nur langsamer eingreift. Der richtige Nervenstrom des Markes hat in der ersten Periode der kleinsten Wirksamkeit so sehr abgenommen, dass er und der Einfluss der Hüllen nur geringe Ausschläge der Galvanometernadel hervorrufen. Das Mark wird später negativ und kann daher den Einfluss der positiven Hüllen mehr als ausgleichen. Schwindet es zuletzt gänzlich, so macht sich die positive Wirkung der Hüllen ausschliesslich geltend. Ein sehr schwacher richtiger Nervenstrom tritt abermals hervor.

§. 169. Der Elektrotonus und die negative Schwankung können noch zum Vorschein kommen, wenn schon der Bezirk der kleinsten Wirksamkeit erreicht worden. Es gibt sogar Fälle, in denen der erstere dann mit einer verhältnissmässig ungewohnten Stärke auftritt, wie man dieses auch hin und wieder in faulenden Nerven wahrnimmt. Es gehört zu den Seltenheiten, dass die Phasen des Elektrotonus nicht in dem Sinne des eben vorhandenen Nervenstromes ausfallen oder dass man eine positive statt einer negativen Schwankung hat. Wie in absterbenden gesunden Nerven, so gelingt es bisweilen in diesen durchschnittenen, den nicht mehr vorhandenen Elektrotonus von neuem hervorzurufen, indem man die Beweglichkeit der Molecüle erhöht, z. B. den Nerven bis nahe an die Grenze der Abtödtung erwärmt.

§. 170. Das peripherische Stück des durchschnittenen Nerven, das keine Zuckungen mehr unter dem Einflusse der verschiedensten Erregungen zeigt, kann noch im Anfange den Elektrotonus und die negative Schwankung darbieten.

§. 171. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Nervenerregung und die der Elektricität weichen auf den ersten Blick so sehr von einander ab, dass schon dieser eine Umstand jeden Gedanken der Identification der Nerventhätigkeit und der Elektricität zu beseitigen scheint. Eine nähere Betrachtung lehrt aber, dass die Sache verwickelter ist, als es auf den ersten Blick das Ansehen hat. Sie wird zugleich ergeben, dass die hier auf-

tretenden Eigenthümlichkeiten der später vorzutragenden Molecularhypothese der Nerventhätigkeit entsprechen.

§. 172. Liess HELMHOLTZ zwei Muskelcurven eines galvanischen Froschpräparates auf einem sich rasch drehenden Glascylinder aufschreiben, indem er das erste Mal eine obere und das zweite Mal eine untere Nervenstelle durch einen augenblicklichen Inductionsschlag reizte und die Reizungszeiten dem gleichen Orte der Cylinderoberfläche entsprachen, so waren die Anfänge der Muskelcurven um eine gewisse Länge der geradlinigen Abscisse verschoben. Es dauert eine gewisse endliche Zeit, bis sich die Erregung von der gereizten Nervenstelle zu den Nervenenden in dem Muskel fortpflanzt und dort in eine merkliche Grösse von Zusammenziehung übersetzt wird. HELMHOLTZ nennt sie die Zeit der latenten Reizung. Bleibt das Uebrige gleich, so ist sie um so kleiner, je näher die gereizte Nervenstelle dem Muskel liegt. Die Muskelcurve fängt schon bei jeder Reizung um eine gewisse Zeit später an, als der Reiz den Nerven trifft. Ein gerades Abscissenstück, das dem Beginn der Curve vorangeht, belehrt über die Dauer der latenten Reizung. Der gegenseitige Abstand der beiden Anfänge der Muskelcurven aber in dem oben erwähnten Doppelversuche gibt die Zeit an, die nöthig war, damit sich die Nervenerregung um die zwischen den beiden Reizungsstellen gelegene Strecke fortpflanzte, vorausgesetzt, dass alles Uebrige unverändert geblieben.

§. 173. HELMHOLTZ[1]) fand auf diese Weise 26,4 bis 27,3 als Mittelwerth der Secundengeschwindigkeit für den Nerven des galvanischen Froschpräparates bei 11° bis 21° C. Zimmerwärme. Legte er den Nerven auf Eis, so wurde die Mittheilung der Unruhe im Nerven beträchtlich langsamer. Die Geschwindigkeit nahm bisweilen um das Zehnfache, und zwar selbst für dasjenige Nervenstück ab, das sich zwischen der von dem Eise berührten Stelle und dem Muskel befand.

HELMHOLTZ[2]) schloss noch aus anderen nicht hierher gehörenden Versuchen, dass die negative Schwankung des Muskelstromes früher, als die Zusammenziehung desselben, der Elektrotonus des Nerven dagegen nicht merklich später eintritt, als der ihn erregende elektrische Strom. Lässt man die Zuckung auf dem Wege des Reflexes durch das Rückenmark zu Stande kommen, so erscheint sie bedeutend

[1]) HELMHOLTZ, in Müller's Archiv. 1850. S. 71 u. 271 und besonders 1852. S. 199 fgg.
[2]) HELMHOLTZ, in den Monatsberichten der Berliner Akademie. 1854. S. 328—332.

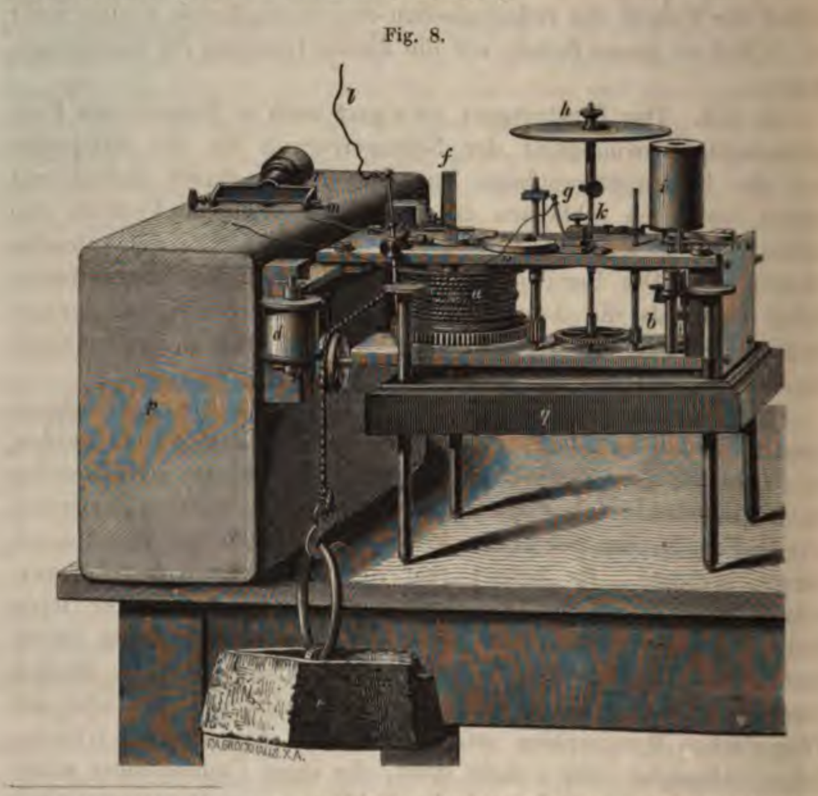
später als nach der unmittelbaren Reizung des Hüftnerven. Der Unterschied pflegt $^1/_{30}$ bis $^1/_{10}$ Secunde und mehr zu betragen. Selbst der Eintritt der reflectorischen Strychninkrämpfe fordert mehr als 12 Mal so grosse Zeiten, wie die directe Erregung der Bewegungsfasern.

§. 174. Der Elektrotonus verzögert nach v. BEZOLD die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Nervenerregung für die intrapolare und die beiden extrapolaren Bezirke. MUNK glaubt endlich aus seinen Versuchen schliessen zu können, dass sie im Verlaufe desselben Nerven wechselt. Sie nimmt mit der Länge der leitenden Strecke ab. Die Fortpflanzung durch die doppelte Länge fordert daher mehr als die doppelte Zeit. Orte, die von der Erregungsstelle gleich weit entfernt liegen, haben meist, aber nicht ausnahmslos die gleiche Geschwindigkeit.

§. 175. Da diese Beobachtungen an galvanischen Froschpräparaten, mithin an misshandelten Nerven (§. 135.) angestellt wurden, so suchte ich sie an den Nervenstämmen des unversehrten Frosches zu wiederholen. Ich bediente mich hierbei desselben Uhrwerkes *abcde* Fig. 8., das ich schon früher zur Aufzeichnung der Muskelcurven benutzte. Es besitzt fünf Achsen, deren Umdrehungsgeschwindigkeit allmählich um das Zehnfache zunimmt. Die letzte dreht sich daher 10000 Mal, wenn die erste einen Umgang macht. Jene trägt den berussten Glascylinder *i*, auf den man die Muskelcurven mittelst der Schreibvorrichtung des Helmholtz'schen oder des Pflüger'schen Myographion aufzeichnen lässt. Ein an einer früheren Achse befestigter Stift *g* dient dazu, die einer Umlaufsdauer seiner Achse entsprechende Zeit nach den Schlägen eines Secundenpendels zu bestimmen. Befindet er sich, wie in Fig. 8., auf der zweiten Achse des Uhrwerkes, so wird sich der Cylinder 1000 Mal rascher als er drehen. Man darf aber diese Bestimmung nur vornehmen, wenn schon die Spitze des Schreibapparates die Cylinderoberfläche einige Zeit berührt hat. Die Reibung verlangsamt die Bewegung um so mehr, je stärker die Uebersetzung des Uhrwerkes bis zur gebrauchten Achse ist. Da sie hier 10000 beträgt, so übt eine leise Berührung einen bedeutenden Einfluss aus. Man muss daher die Spitze des Schreibstiftes an den berussten Cylinder legen, diesen so lange gehen lassen, bis die Umdrehungsgeschwindigkeit ihren beständigen Werth erreicht zu haben scheint und dann erst die Schnelligkeit auf die oben erwähnte Weise bestimmen. Der Cylinder drehte sich in meinen gewöhnlichen Versuchen 25 Mal in der Secunde,

ohne dass ich das Zuggewicht *e* Fig. 8., welches das Uhrwerk trieb, ungewöhnlich gross zu machen brauchte [1]).

Fig. 8.



[1]) Siehe die Zuckungsgesetze des lebenden Nerven und Muskels. Leipzig und Heidelberg. 1863. 8. S. 1 fgg. In der oben gegebenen Fig. 8. bezeichnet *a* das Trommelhaus des in einem Glaskasten eingeschlossenen Uhrwerkes. *b* Die Windfangregulirung. *c* Die Rolle für die Gewichtsschnur bei wagerechter Stellung des Uhrwerkes. *d* Die für die senkrechte Stellung. *e* Das Zuggewicht. *f* Die viereckige erste Achse, an der das Uhrwerk aufgezogen wird. *g* Der Stift, der durch den auf dem Holzteller sichtlichen Quecksilbertropfen geht und dann die Kette schliesst. *h* Die tiefer hinabzuschiebende Glasscheibe für die Aufzeichnung von Muskelcurven mit kreisförmiger Zeitabscisse. *i* Der Cylinder zum Aufschreiben von Muskelcurven mit gerader Zeitabscisse. *k* Die momentane Schlussvorrichtung bei der Bestimmung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Nervenerregung. *l* Die Elektrode, die mit der nicht isolirten Klemme des Uhrwerkes verbunden ist. *m* Die mit der isolirten Klemme vereinigte Elektrode. *n* Die Elektrode der Schiebervorrichtung *k* für den Kettenschluss bei Untersuchungen über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Nervenerregung. *o* Der Hebel zum Stellen oder Loslassen des Uhrwerkes. *p* Der schwere Holzklotz, auf dem das Ganze angeschraubt ist. *q* Der mit vier langen Stellschrauben versehene Tisch, auf dem es steht. *r* Die Walze zum Abdrucken der auf dem Cylinder *i* aufgeschriebenen Curven.

Eine einfache Vorrichtung erfüllt die nöthigen Nebenbedingungen. Die erste Elektrode *l* Fig. 8. der Kette geht zu der nicht isolirten Klemme des Uhrwerkes. Sie hängt also durch dieses mit der Achse, die den Cylinder *i* trägt, metallisch zusammen. Die zweite verläuft zu den thierischen Theilen, wenn man Kettenströme benutzt. Jene entlassen aber den Drath *n*, der sich zu der zwischen *g* und *k* Fig. 8. sichtbaren Schiebervorrichtung begibt. Sie besteht aus einer diesen Draht aufnehmenden metallischen Klemme, die mit einem leicht fortzuschlagenden, weil durch ein Charnier verbundenen, gegen ein Stäbchen sich stützenden Metallstabe *k* verbunden ist. Die untere metallische Fassung des Cylinders *i* trägt ein in Fig. 8. kenntliches Metallstäbchen, das man für den späteren Abdruck der Curven entfernt, das aber immer nur bis zu einer bestimmten Tiefe eingeschraubt werden kann, zur Sicherheit noch eine Marke für diesen Zweck besitzt und desshalb immer dieselbe Länge darbietet. Das Schieberstück hat unten die weisse, in Fig. 8. kenntliche, isolirende Elfenbeinplatte. Sie lässt sich in einer federnden Unterlage bis zu einem ebenfalls in Fig. 8. sichtbaren Querstücke, aber nicht weiter vorschieben. Ist diese äusserste Grenze erreicht, so können erst die Enden des an dem Cylinder befindlichen Metallstiftes und des an dem Schieber befindlichen Stiftes *k* einander berühren. Diese Berührung schliesst aber, wie man sieht, die Kette oder den inducirenden Kreis des Magnetelektromotors.

Man unterbricht zuerst diesen Kreis an einer zweiten Stelle, treibt die Schiebervorrichtung bis an das Ende des federnden Schlittens, dreht den Stift des Cylinders langsam, bis er den Stab von *k* oben berührt, hält dann das Uhrwerk an und lässt eine senkrechte Linie, die den Augenblick der späteren Reizung bei dem Gebrauche von Kettenströmen, nicht aber bei dem von Oeffnungsinductionsschlägen oder den Ausgangspunkt anzeigt, auf dem Cylinder aufschreiben. Man zieht hierauf die Schiebervorrichtung eine kleine Strecke zurück, lässt das Uhrwerk gehen, schliesst indessen die oben erwähnte zweite Unterbrechungsstelle des inducirenden Kreises, bestimmt die Umdrehungsgeschwindigkeit des Cylinders, während ihn der Schreibstift berührt, und treibt die Schiebervorrichtung bis an das Querstück vor. Der Stahlstift des sich drehenden Cylinders schlägt dann ein Mal und zwar in jedem Versuche genau an denselben Punkt und zu derselben verhältnissmässigen Zeit an den beweglichen Metallstab *k* und schleudert ihn so weit fort, dass sich der Kettenschluss nicht wiederholen kann. Der mit der Schreibevorrichtung verbundene

Wadenmuskel zuckt und lässt seine Muskelcurve aufzeichnen. Man braucht die gleiche Beobachtung nur mit zwei von einander entfernten Nervenbezirken anzustellen, um die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Nervenerregung zu berechnen.

Ruht der Muskel, so schreibt der Stift eine Kreislinie auf, also eine gerade Linie, wenn man sich jene auf einer Ebene abgewickelt denkt. Diese kommt daher zum Vorschein, wenn man die Zeichnung auf Gallertpapier abdruckt. Die Muskelcurve beginnt mit einer Erhebung. Wir wollen den ersten Anfang derselben den Scheitel nennen. Hat man eine Schliessungszuckung, so bestimmt die Entfernung des Scheitels von dem Durchschnittspunkte der dem Augenblicke der Reizung entsprechenden senkrechten Linie mit der Abscisse die Zeitgrösse, die nöthig ist, damit sich die Erregung von der getroffenen Stelle bis zu den Nervenenden fortpflanzt, hier in Muskelbewegung umsetzt und die Verkürzung einen merklichen Werth erreicht. Der ganze Kreisumfang des Cylinders verhält sich dann zu dem Abscissenstücke, welches zwischen dem Anfangspunkte und dem Scheitel der Muskelcurve liegt, wie die Dauer einer Umdrehung zu der Zeit, die nach der Erregung verfliessen muss, damit die erste wahrnehmbare Verkürzung zu Stande kommt. Der Unterschied dieser beiden Zeiten in zwei Versuchen, die man mit verschieden entfernten Stellen des Nerven anstellt, gibt die Fortpflanzungsgeschwindigkeit für diese Entfernung. Die so gefundene Zeitgrösse, die auch der wechselseitigen Distanz der beiden Scheitel der zwei Muskelcurven entspricht, verhält sich zu einer Zeiteinheit z. B. zu einer Secunde, wie der gegenseitige Abstand der beiden gereizten Nervenstellen zu der auf jene Zeiteinheit bezogenen Fortpflanzungsgeschwindigkeit.

Lässt man den Schreibapparat unverändert, wiederholt aber die Bestimmung des Reizungspunktes mehrere Male, so weichen die Orte nicht um $^1/_{20}$ Millimeter auf dem Cylinder ab, dessen Umfang 88 Millimeter misst. Wiederholt man dann den Zuckungsversuch mit derselben Nervenstelle und mit so schwachen Strömen, dass man nur eine Schliessungszuckung hat und der Wechsel des Zustandes des Nerven nicht merklich durchgreift, so unterscheiden sich in der Regel die Orte der beiden Scheitelpunkte der Muskelcurven nicht um $^1/_{10}$ Millimeter, wenn selbst die Entfernung derselben bis zum Reizpunkte auf 24 bis 25 Millimeter bei dem Gebrauche sehr kalter Nerven gestiegen ist. Man stösst dessenungeachtet auf zwei Punkte, die einzelne Bestimmungen zweifelhaft machen.

Der erste Abschnitt der Muskelcurve hebt sich von der Abscissenlinie um so weniger ab, er wird um so flacher, je schneller sich der Cylinder dreht. Dieses hat aber den Nachtheil, dass man den Ort des Scheitelpunktes um so unsicherer bestimmen kann.

Ein zweiter Uebelstand rührt von der Form der Curven her. Die verhältnissmässig langsame, erst steigende und dann sinkende Zusammenziehung schreibt eine grosse Zahl herumgehender Linien auf dem sich rasch drehenden Cylinder auf. Diese fallen natürlich nicht zusammen, wenn man die Zusammenziehung nach einander von verschiedenen Nervenstellen aus erzeugt und deren Wirkungen auf derselben Abscisse aufzeichnen lässt. Die genaue Bestimmung der beiden Scheitelpunkte wird dann in unglücklichen Fällen erschwert oder selbst unmöglich gemacht. Dieser Fehler lässt sich für immer vermeiden, wenn man den Schreibapparat so einrichtet, dass nur der allererste Theil der Curve aufgezeichnet wird.

Der Fig. 22. abgebildete Disjunctor diente mir, den Wechsel der Reizungsstellen rasch herzustellen. Jedes der beiden Polenden des erregenden Stromes entliess doppelte Elektroden. Das eine System ging zu dem einen Kupferblatte des Disjunctors und zu der oberen Nervenstelle und das andere zu dem zweiten Kupferblatte und der unteren Nervenstelle. Die vollständige Schliessung kam erst zu Stande, wenn man ein Gewicht auf das Ende des entsprechenden Kupferblattes gelegt hatte. Ich konnte auf diese Weise die zwei Zuckungen in weniger als einer halben Minute aufschreiben lassen.

Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Nervenerregung ändert sich im lebenden Körper, so wie die Molecularbeschaffenheit des Nervenmarkes wechselt. Sie und die Bewegungs- oder die Empfindungsleistungen geben in dieser Hinsicht die feinsten Aufschlüsse, ungefähr wie der elektrische Leitungswiderstand über Unterschiede der Cohäsion oder der Mischung belehrt, die sich auf keinem anderen Wege verrathen. Die Betrachtung der örtlichen Störungen lebender Nerven wird uns eine Reihe hierfür zeugender Belege liefern.

§. 176. HELMHOLTZ und HIRSCH bestimmten noch die Zeitunterschiede der elektrischen Empfindungen verschiedener von dem Gehirn ungleich entfernter Hautstellen des Menschen. HELMHOLTZ fand auf diese Weise 61,5 und HIRSCH [1]) 34 Meter als Durchschnittswerth für die Secunde. Diese Versuche werden uns noch später näher beschäftigen.

---

[1]) A. HIRSCH, Bulletin de la société des sciences naturelles de Neuchâtel. Tome VI. 1862. S. p. 100—114. Moleschott's Untersuchungen. Bd. IX. 1863. S. 182—199.

§. 177. Was man bis jetzt als angebliche Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Elektricität gemessen hat, betraf verschiedenartige Fortbewegungs- und zum Theil Condensations- und Ladungserscheinungen. Man erhielt daher abweichende Zahlen, die aber sämmtlich zwischen 3232 und 62606 geographische Meilen für die Secunde liegen [1]). Wollte man sich an diese Grössen halten, so würde natürlich die Schnelligkeit der Fortpflanzung der Nervenerregung ihnen gegenüber verschwindend klein sein.

Eine einfache Betrachtung lehrt, dass sich dieser Vergleich nicht rechtfertigen lässt. Nehmen wir auch an, man hätte die wahre Geschwindigkeit der Fortbewegung der Elektricität in einem der angestellten Versuche gefunden, so darf man nicht übersehen, dass man hierbei mit Metallmassen d. h. mit Leitern erster Ordnung arbeitete. Es zeigte sich aber hier schon, dass der Leitungswiderstand der Masse einen wesentlichen Einfluss auf das Versuchsergebniss ausübt. Leiter zweiter Ordnung oder Elektrolyte, die Millionen Mal schlechter leiten, würden hiernach weit geringere Werthe geben. GAUGAIN [2]) schliesst in der That aus seinen mit unvollkommenen Leitern, wie feuchten Baumwollenfäden oder fetten Oelen angestellten Versuchen, dass die zur Fortpflanzung der (statischen) Elektricität dann nöthige Zeit oder die Ladungszeit in geradem Verhältnisse zur Elektricitätsmenge und dem Quadrat der Länge und in umgekehrtem zum Querschnitt und der Leitungsfähigkeit der Masse steht.

Unsere Aufgabe bezieht sich auf einen Fall, der meines Wissens noch nicht hinreichend genau untersucht worden. Bildet eine zersetzbare Flüssigkeit oder ein Elektrolyt einen Theil des galvanischen Schliessungsbogens, so bewirkt das durch die elektromotorische Kraft des Elementes positiv gemachte Leiterende, welches den Elektrolyten berührt und das wir uns rechts denken wollen, dass sich die Elektricität des ihm benachbarten Flüssigkeitsmolecüls so scheidet, dass ihm gegenüber, also rechts die negative und in der Richtung zu dem zweiten Flüssigkeitsmolecül oder links die positive Elektricität zum Vorschein kommt. Indem sich dieses von Molecül zu Molecül wiederholt und daher der positive Strom von rechts nach links fortschreitet, hat man den entgegengesetzten Gang für den

[1]) Siehe z. B. die tabellarische Zusammenstellung bei KUHN, Angewandte Elektricitätslehre (Karsten's Encyklopädie der Physik) S. 490.

[2]) JAMIN, Cours de Physique. Tome III. 1861. 8. p. 119. 20. WIEDEMANN, Galvanismus. Bd. II. S. 1002—1005.

sich von links nach rechts begebenden negativen Strom. Die benachbarten entgegengesetzten Elektricitäten gleichen sich zwar auf der Stelle aus. Allein die anhaltende elektromotorische Kraft sorgt für die Fortdauer der elektrischen Strombewegung. Ist diese Wirkung mit einer Drehung oder einer sonstigen Richtung (§. 106.) der verschieden elektrischen Theilchen des Elektrolyten verbunden, so hat man zugleich eine chemische Zersetzung als Folge der Stromesthätigkeit.

Man kann bei dieser, jetzt allgemein angenommenen Grotthus'-schen Auffassungsweise[1]) der Elektrolyse annehmen, dass die fortschreitende Zersetzung der Elektricitäten der Molecüle der Flüssigkeit eine gewisse endliche Zeit in Anspruch nimmt. Hätte man z. B. einen Elektrolyten von bekannter Länge und sehr geringer Dicke, so müsste man wissen, welche Zeit zwischen der Scheidung der beiden Elektricitäten in dem ersten den Leiter berührenden Molecüle und in dem in der Mitte des Elektrolyten befindlichen verfliesst. Erst diese Fortpflanzungsgeschwindigkeit könnte, wie wir sehen werden, mit der der Nervenerregung zusammengestellt werden. Man darf theoretisch erwarten, dass hier der Leitungswiderstand des Elektrolyten wesentlich bestimmend eingreift. Die Schnelligkeit wird desshalb in Flüssigkeiten verhältnissmässig gering ausfallen und in den Nerven selbst mit den verschiedenen Zuständen ihrer Masse merklich wechseln.

§. 178. Fassen wir Alles zusammen, so ergibt sich, dass die Nerven und die Muskeln nicht die einzigen Thiergewebe sind, welche sich durch bedeutende elektromotorische Kräfte auszeichnen, obgleich freilich der bei weitem grösste Theil derselben ihnen beträchtlich nachsteht. Eine bestimmte Richtung des Nerven- und des Muskelstromes ist kein wesentliches Bedingungsglied der lebendigen Leistungen, da die Umkehrung der regelrechten Stromesrichtung den Eintritt der Nervenerregung oder der Muskelverkürzung nicht nothwendigerweise ausschliesst und die Thätigkeit ausnahmsweise von einer positiven statt einer negativen Schwankung des Nerven- oder des Muskelstromes begleitet sein kann. Der Elektrotonus bildet nur den Ausdruck der Beweglichkeit und der Wechselwirkung der Nervenmolecüle, steht aber sonst in keiner unmittelbaren Beziehung zu den lebendigen Wirkungen der Nerven. Er kann in faulenden oder entarteten Nerven wiederum stärker werden, sobald eine Umwandlungsstufe des Markes eintritt, welche eine entsprechende

[1]) Siehe z. B. Wiedemann, Galvanismus. Bd. I. 1861. S. 403.

grössere Beweglichkeit der Molecüle zur Folge hat. Ist er geschwunden, so gelingt es bisweilen ihn wiederum durch den Einfluss der Erwärmung oder der elektrischen Schläge abermals hervorzurufen. Die Nervenwirkung und die Muskelverkürzung setzen zwar als Regel eine solche Massenbeschaffenheit voraus, dass der Nerven- und der Muskelstrom in einer der beiden entgegengesetzten Richtungen vorhanden sei und eine Schwankung desselben im Augenblicke der Thätigkeit auftrete. Da sie aber bei beiden entgegengesetzten Stromesrichtungen möglich bleiben, so lässt sich annehmen, dass sie auch bei dem allmählichen zeitlichen Uebergang der einen in die andere, also auch bei dem Nullpunkte oder dieser Art von Stromlosigkeit möglich bleiben. Alle elektrischen Aussenwirkungen, der Strom und die Veränderlichkeit desselben können, freilich in schwächerem Grade, auftreten, wenn kein uns zu Gebote stehendes Reizmittel die Lebensleistungen mehr hervorzurufen vermag. Man sieht hieraus, dass die elektrischen und die lebendigen Eigenschaften hin und wieder aus einander gehen, eine Erscheinung, die sich bei der Betrachtung der Reizversuche noch von einer anderen Seite bestätigen wird. Die Richtungen der elektrischen Ströme, die unseren gegenwärtigen Prüfungsmitteln allein zugänglich sind, können daher keine entscheidende Anhaltspunkte für die Beurtheilung der Lebenswirkungen liefern. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass die gegenwärtig noch wenig zugänglichen quantitativen Beziehungen sicherere Grundlagen für fernere Schlüsse darbieten werden.

§. 179. Die Gesammtsumme dieser Betrachtungen führt zu der Ueberzeugung, dass man nicht mehr ohne weiteres die Nervenkräfte als einfach elektrische ansehen darf. Die Schwankungen der elektromotorischen Wirkungen während der Thätigkeit der Nerven und der Muskeln bilden nur eine der Nebenfolgen, mithin einen einseitigen und unvollständigen Ausdruck der Molecularveränderungen, welche im Augenblicke der Wirkungen durchgreifen und die Beschaffenheit der Träger vielseitiger wechseln lassen. Denn nicht bloss die elektrischen Beziehungen, sondern auch die elastischen, die thermischen und die chemischen Eigenschaften unterliegen Aenderungen, die man schon zum Theil mit den gegenwärtigen, unvollkommenen Prüfungsmitteln zu verfolgen im Stande ist. Man kann nicht einmal behaupten, dass das Galvanometer als das feinste Fühlmittel in allen Fällen auftritt. Selbst genaue quantitative Bestimmungen der Grössen der elektromotorischen Kraft der Nerven oder der Muskeln, werden wahrscheinlich nicht mit Schärfe anzeigen, ob

diese Theile durch mechanische Misshandlung, durch Kälte oder durch wiederholte elektrische Schläge geschwächt worden, ob sie in Todten- oder in Wärmestarre verfallen sind, ob das Nervenmark noch gar nicht sichtlich geronnen ist, die gewöhnliche faltige oder die feinkörnige Gerinnung darbietet. Die eudiometrische Untersuchung der die Muskeln umgebenden Gasmassen, der unmittelbare Anblick und die mikroskopische Prüfung belehren in dieser Hinsicht vollständiger.

§. 180. Jeder Versuch, eine mathematisch angreifbare Theorie der Nerven- und der Muskelthätigkeit aufzustellen, scheitert für jetzt nicht bloss an der Unvollkommenheit der physiologischen Kenntnisse, sondern auch daran, dass die mathematisch theoretische Auffassung der Elasticität, der Wärme und vorzugsweise der chemischen Zersetzung nicht den nöthigen Grad von Vollkommenheit darbietet. Man kann daher den Molecularvorgang während der verschiedenen Nerventhätigkeiten nicht ohne weiteres berechnen, wie dieses für viele Wirkungen des Lichtes, der statischen und dynamischen Elektricität und des auf diese bezogenen Magnetismus der Fall ist. Eine gegenseitige Combination der über die Nerven- und die Muskelthätigkeit bekannten Erscheinungen macht es aber wenigstens möglich, die theoretischen Vorstellungen etwas weiter fortzuführen, als dieses bisher geschehen ist.

§. 181. Ein jedes Sinneswerkzeug enthält einen Vorbereitungsapparat, der die Erregung aufnimmt, sie oft in bestimmter Weise ändert und dann erst dem Sinnesnerven überliefert. Dieser leitet sie hierauf zum centralen Nervensysteme und übergibt sie denjenigen grauen Massen, welche die Empfindung vermitteln. Wir haben hier eine Vertheilungsweise, wie sie in unseren irgend zusammengesetzten technischen Maschinen ebenfalls vorkommt. Die Mechaniker[1]) unterscheiden drei Hauptbestandtheile derselben, den Empfänger oder den Receptor, auf welchen die bewegende Kraft wirkt, die Ueberträger oder die Communicatoren d. h. die Zwischenstücke die sie weiter fortpflanzen und endlich das Werkzeug oder den Operator, welcher die Nutzarbeit unmittelbar verrichtet. Liegt die Krafterzeugung in der Maschine selbst, so nennt man auch den Empfänger den Kraftbildner oder Productor, die Ueberträger die Vertheiler oder Distributoren und das Werkzeug den Kraftverwender oder Utilisator. Man kann diesem entsprechend

[1]) Siehe z. B. J. V. Poncelet, Lehrbuch der Anwendung der Mechanik auf Maschinen. Deutsch herausgegeben von C. H. Schnuse. Bd. I. Darmstadt. 1845. 8. S. 16.

das vorbereitende Sinneswerkzeug den Empfänger, die centripetal leitenden Nerven die Ueberträger und die entsprechenden Centralwerkzeuge das Werkzeug nennen. Wie das Sinnesorgan und die Nerven die Erregung ändern, so kommt oft das Gleiche in den Maschinen in Folge von Widerständen oder von anderen entgegenwirkenden Kräften vor. Der Operator der Maschine übernimmt, um mich so auszudrücken, die Auslegung der Arbeit eben so gut, als der Centraltheil des Sinneswerkzeuges die der Sinneserregung.

Derselbe Vergleich lässt sich für die Bewegungsthätigkeiten durchführen. Die sie hervorrufenden Centralwerkzeuge des Nervensystemes bilden hier den Kraftbildner, die Bewegungsnerven wiederum die Vertheiler und die von ihnen beherrschten Muskelfasern den Kraftverwender der Nervenerregung.

§. 182. Reizt man eine lebende Nervenfaser an irgend einem Punkte ihres Verlaufes, so erhält man immer nur eine bestimmte ihrem Wirkungskreise entsprechende Reaction, also nur Gesichts-, Gehör-, Geruchs-, Geschmacks-, Tast- oder Schmerzensempfindung für die einzelnen Sinnes- und Muskelzusammenziehung für die Bewegungsnerven. Dieses sogenannte Gesetz der specifischen Energieen erklärt sich daraus, dass die Erregung im Nerven bis zu den Endorganen fortgepflanzt und erst in diesen in eigenthümlicher Weise umgewandelt wird. Der Operator entscheidet daher erst über den Enderfolg, wenn auch die Ueberträger die gleiche scheinbare oder wirkliche anatomische Beschaffenheit und physiologische Veränderlichkeit in den verschiedenen Sinneswerkzeugen und den Bewegungsorganen darbieten. Der Geruchsnerv und zum Theil der Sehnerv lehren übrigens, dass dieses nicht so allgemein der Fall ist, als man gewöhnlich annimmt.

§. 183. Man könnte nach dieser Auffassungsweise glauben, dass die vorbereitenden Sinneswerkzeuge immer nur die Rolle hätten, die Erregung in passender Weise von aussen her aufzunehmen, dass es aber im Wesentlichen in allen Fällen gleichgültig wäre, ob der Nerv die Reizung auf diesem Wege empfängt oder unmittelbar getroffen wird. Ein Druck oder eine Verletzung, welche den Sehnerven mitten in seinem Verlaufe angreift, erzeugt z. B. eben so gut Lichtempfindung, als die Erregung der Netzhaut durch sichtbare Gegenstände. Man kann den Irrthum, der dieser Auffassungsweise zum Grunde liegt, leicht nachweisen.

Dieselbe Druckgrösse, welche auf unsere Haut wirkend eine Tastempfindung hervorruft, bedingt Schmerz, so wie man sie auf

den Tastnerven unmittelbar anwendet. Der Unterschied rührt davon her, dass der Widerstand der Tastwerkzeuge eine bedeutende Summe von Druck aufzehrt, mithin nur ein Bruchtheil desselben zu den Nervenenden gelangt. Hautnarben und Geschwürsflächen, an denen die äussere Haut zerstört ist, lassen die Wärmeunterschiede der sie berührenden Körper nach E. H. WEBER und Th. WEBER gar nicht oder unvollkommener, als die gesunde Haut erkennen, eine Thatsache, deren Richtigkeit KÖLLIKER[1]) nach seinen Untersuchungen bestreitet. HELMHOLTZ bemerkte mit Hilfe des Augenspiegels, dass ein Lichteindruck, der die Eintrittsstelle des Sehnerven, also die blossen Nervenprimitivfasern desselben trifft, keine Lichtempfindung hervorruft. Die Stösse der Lichtwellen haben vermuthlich nicht lebendige Kraft genug, eine Molecularbewegung der Nervenmasse von der nöthigen Stärke anzuregen, wenn sie die Fasern der Eintrittsstelle des Sehnerven, wohl aber, wenn sie die Netzhaut treffen. Die Wirkung der letzteren liesse sich hiernach mit der eines Resonanzbodens vergleichen, wenn nicht die grössere Feinheit der Faserhüllen den Unterschied bedingt. Die Thatsache, dass nur ein verhältnissmässig kleiner Bezirk der menschlichen Netzhaut zum scharfen Sehen fähig und für geringe Lichtstärken empfindlich ist, hängt vielleicht mit jener an der Centralvertiefung und in der Nachbarschaft derselben am stärksten auftretenden Eigenschaft zusammen. Die geringe lebendige Kraft der Lichtwellen erklärt es, wesshalb es weder DU BOIS an der Schildkröte, noch mir an dem erstarrten Murmelthiere gelungen ist, eine negative Stromesschwankung des Sehnerven dadurch hervorzurufen, dass man ein hellerleuchtetes Bild plötzlich auf die Netzhaut warf. Man bekommt sie dagegen, wenn man die Netzhaut und den Sehnerven mit elektrischen Strömen anregt.

§. 184. Diese Betrachtungen können noch über einen anderen Punkt Aufschluss geben. Die Nervenfasern enthalten zweierlei Arten von Atomen, wie jeder andere Körper, sogenannte wägbare oder ponderable und solche des Aethers. Die chemischen Veränderungen, welche die Nerventhätigkeit begleiten, zeigen unmittelbar an, dass jedenfalls die wägbaren Theilchen bei diesem Vorgange thätig sind, eine Sache, die sich für die Muskeln von selbst versteht. Es frägt sich aber ausserdem, wie sich der Aether verhält. Da das Licht durch die Bewegungen der Aethermoleküle entsteht, so könnte man auf den Gedanken kommen, dass sich die Unruhe den Atomen des

[1]) KÖLLIKER, Mikroskopische Anatomie. Bd. II. Leipzig. 1850. 8. S. 44.

Aethers, die sich in dem Sehnerven befinden, bei dem gewöhnlichen Sehen mittheilt und die Gesichtseindrücke auf diese Art zu Stande kommen. Die Unempfindlichkeit der Eintrittsstelle des Sehnerven und der schwache Gesichtssinn an den seitlichen Theilen der Netzhaut sprechen gegen diese Auffassungsweise.

§. 185. Eine andere Frage dagegen ist, ob die Nerven- und Muskelthätigkeit nicht bloss mit einer Veränderung der Verhältnisse der wägbaren, sondern auch mit einer solchen der Aetheratome verbunden sind.

Die Doppelbrechung einer Masse entsteht dadurch, dass ein sie durchsetzender Lichtstrahl mit ungleicher Geschwindigkeit nach verschiedenen Richtungen fortschreitet, dass sich also die Unruhe nach einer Seite hin schneller, als nach einer anderen von Atom zu Atom mittheilt. Dieses kann nur geschehen, wenn entweder die Dichtigkeit des Aethers nach Fresnel's oder, was einleuchtender scheint, die Elasticität d. h. die Verschiebungsgrösse eines Aethermoleculs unter dem Einflusse der Ortsveränderung eines benachbarten nach Neumann's Annahme mit der Richtung wechselt. Es ist für unsere Schlüsse vorläufig gleichgültig, welcher dieser beiden Hypothesen man folgt. Da die Muskeln und die Nerven zu den doppeltbrechenden Körpern gehören (§. 68.), so wird hernach in ihnen eine Ungleichheit des Aethers nach verschiedenen Richtungen schon in dem ruhenden Zustande auftreten und zwar in den Muskeln in höherem Grade als in den Nerven, weil ihre Doppelbrechung stärker ist.

§. 186. Gelingt es, frische Muskelfasern zu sondern, ohne ihre Reizbarkeit zu vernichten, so sieht man in günstigen Fällen, dass sich ihre Polarisationsfarben (§. 72.) im Augenblicke ihrer durch einen elektrischen Strom hervorgerufenen Zusammenziehung ändern. Man bemerkt das Gleiche, wenn man einen dünnen Froschmuskel durch die elektrische Erregung seines Bewegungsnerven zur Verkürzung zwingt. Die Farbenveränderung lässt sich in günstigen Fällen an Muskelstücken, die sich periodisch von selbst zusammenziehen, z. B. an einem Abschnitt der Vorhöfe des Froschherzens ohne weiteres in polarisirtem Lichte wahrnehmen. Diese Erfahrungen beweisen aber noch nicht, dass sich die Grösse der Doppelbrechung und mithin der Zustand des in der Muskelmasse enthaltenen Aethers durch die Molecularveränderung der Verkürzung unmittelbar ändert, weil dann der Muskel dicker wird und die Polarisationsfarbe einer Muskelfaser, wie die jeder anderen doppeltbrechenden Platte, mit der Dicke d. h. der Weglänge der sie durchsetzenden beiden Strahlen

und dem hierdurch bedingten Gangunterschiede derselben wechselt. Es kommen hier so geringe Dickendifferenzen in Betracht, dass der Versuch der Beweiskraft entbehren würde, wenn man selbst jede Verdickung (nicht aber die Verbreiterung) des Muskels während der Zusammenziehung durch die Behandlung desselben unter dem Compressorium oder mittelst einer Anspannungsvorrichtung scheinbar verhindert hätte.

§. 187. Die Nerven bieten eben so grosse Schwierigkeiten der Untersuchung dar. Wir haben §. 78. gesehen, dass der Markinhalt der Nervenprimitivfasern seine stärksten doppeltbrechenden Eigenschaften erst durch die Gerinnung erhält. Diese können aber auch schon in dem frischen Nerven kenntlich und verfolgbar gemacht werden, wenn man nicht eine einzelne Nervenfaser, sondern einen dünnen Nerven z. B. einen von denen, die zur Rückenhaut des Frosches gehen, in dem Polarisationsmikroskope betrachtet. Der Unterschied beruht wiederum in beiden Fällen auf dem der Weglänge, welche die Strahlen zu durchlaufen haben. Orientirt man die Längsachse des Nerven unter 45° parallel der ebenso gestellten Achsenebene eines eingeschalteten Gypsblättchens von Roth erster Ordnung, so erscheint er gelb auf rothem Grunde, weil die in Bezug auf die Längsachse negative Wirkung des Markes die positive der Hüllen und des Neurilemms überwiegt (§. 73.). Es ist bis jetzt nicht gelungen, eine Intensitätsänderung der Farbe, geschweige denn ein Verschwinden oder eine Umwandlung derselben in Blau oder Violett während der Nervenerregung mit Sicherheit nachzuweisen. Die durch die Thätigkeit bedingte Molecularbewegung der Nervenmasse übt also keinen so durchgreifenden Einfluss auf die Verhältnisse des Aethers aus, dass der negative Charakter der Doppelbrechung bis auf Null sinkt oder gar in den positiven umschlägt. Unsere gegenwärtigen Prüfungsmittel sind aber noch nicht fein genug, um aus jenem Ergebnisse schliessen zu lassen, dass die Nerventhätigkeit gar keine Veränderung der Doppelbrechung überhaupt erzeugt. Bedenken wir, dass diese mit der Gerinnung des Nervenmarkes ausserordentlich wächst und dass jede Nervenwirkung mit einer chemischen Aenderung des letzteren verbunden ist, so würde eine Zunahme der Doppelbrechung eintreten, so wie jener Umsatz mit einem Gerinnungsprocesse übereinstimmt oder gleich diesem optisch einwirkt.

§. 188. Die anhaltende Durchleitung schwacher constanter Ströme durch die Muskel- oder die Nervenmasse führt zu keiner auffallenden Aenderung der Polarisationsfarben. Es versteht sich

dagegen von selbst, dass diese in Folge der kräftigen Elektrolyse starker Batterieen zu wechseln im Stande sind.

§. 189. Man könnte nach der oft angenommenen Aehnlichkeit mit den Inductionserscheinungen erwarten, dass die Unruhe der wägbaren Molecüle des Nervenmarks oder der Muskelfasern auf die benachbarten Aethertheilchen zurückwirkt. Eine nähere Betrachtung lehrt aber, dass diese Folgerung keinesweges nothwendig ist.

Ein starker elektrischer Strom oder ein kräftiger Magnet und zwar schon ein einziger Pol des letzteren besitzt die Fähigkeit, die Polarisationsebene eines eingeschalteten tropfbar flüssigen oder festen Körpers zu drehen, wenn dieser selbst an und für sich kein Rotationsvermögen besitzt. Die Drehungsrichtung hängt aber hier nicht, wie im Quarze und den drehenden Flüssigkeiten z. B. einer Traubenzuckerlösung, von der Richtung des durchgehenden Strahles, sondern von der des inducirenden Stromes oder der Molecularströme ab, die in den Solenoiden nach Ampère's Theorie angenommen werden (§. 131.). Sie wächst mit der Stromstärke und annähernd, jedoch keinesweges genau in umgekehrtem Verhältnisse des Quadrates der Wellenlänge des durchtretenden Lichtstrahles, also von Roth nach Blau. CARL NEUMANN[1]) gab eine mathematische Theorie der Erscheinungen, indem er annahm, dass ein durch Induction bewegtes Elektricitätstheilchen auf ein benachbartes Aethertheilchen ebenso, wie auf ein anderes bewegtes Elektricitätstheilchen nach der Inductionstheorie von WEBER wirkt (§. 132.). Wollte man dieses auf die Nerventhätigkeit übertragen, so würde die Unruhe eines wägbaren Theilchens der Markmasse denselben Einfluss auf die benachbarten Aethertheilchen, wie auf die umgebenden wägbaren Theilchen ausüben. Man hätte mit einem Worte eine innere Bewegung der körperlichen Masse und des Aethers während der Fortleitung der Nervenerregung.

Lässt man auch die Einwendungen, welche VERDET[2]) gegen jene Theorie gemacht hat, unbeachtet, so würde dessenungeachtet die ursprüngliche Annahme und daher auch deren eben erwähnte Uebertragung auf die Nerven keine sichere Grundlage haben. Die Drehung der Polarisationsebene durch den elektrischen Strom soll nämlich nach den bisherigen Angaben in einem doppeltbrechenden Körper nur dann auftreten, wenn der Lichtstrahl in der Richtung

---

[1]) WIEDEMANN, Galvanismus. Bd. II. S. 608—611.

[2]) VERDET, Annales du Chimie. Troisième Série. Tome LXIX. 1863. p. 438.

der optischen Achse, also in der der einfachen Brechung durchgeht. Wollte man sie in den Nerven oder den Muskeln aufsuchen, so müsste man Querschnittspräparate benutzen. Es ist nicht wahrscheinlich, dass diese Farbenänderungen während der Thätigkeit darbieten würden, wenn der Versuch angestellt werden könnte[1]).

§. 190. Da man Empfindungen oder Bewegungen durch die Reizung einer beliebigen Strecke des Verlaufes der Nervenfasern hervorzurufen im Stande ist, so folgt, dass überall die Unruhe eines Nervenmolecüles die der benachbarten anregt. Die von DU BOIS zuerst beobachtete beiderseitige Fortpflanzung des Elektrotonus lehrt am deutlichsten, dass die Bewegung auf- und absteigend fortschreitet. Ruft dessenungeachtet der Bewegungsnerv oberhalb und der Empfindungsnerv unterhalb der Reizungsstelle keine sichtlichen Erfolge hervor, so erklärt sich dieses daraus, dass der Zugang zu dem Werkzeuge oder dem Operator (§. 181.) in jener Richtung mangelt. Die beiderseitige Fortleitung lässt aber die Möglichkeit offen, dass die erregte motorische Faser auf die mit ihr verbundene centrale Ganglienkugel zurückwirkt.

§. 191. Die verschiedensten örtlichen Reize, mechanische, thermische, elektrische und chemische, erzeugen in jeder einzelnen Nervenfaser eine und dieselbe Hauptwirkung, die ihrer Energie und den ihr beigesellten Endtheilen entspricht. Nicht bloss die Grösse, sondern auch die untergeordnete Art der Empfindung kann mit der Verschiedenheit der Erregung wechseln. Man hat Prickeln oder Ameisenlaufen bei leisem und Schmerz bei starkem Drucke der Hautnerven. Die Wärmeempfindung der thermischen Reize und das Brennen der starken galvanischen Wirkungen weichen von jenen Eindrücken wesentlich ab. Die Art der Veränderung, welche eine Nervenstelle trifft, kann sich also auch noch in der Fortpflanzung bis zu den Umsatzstellen und zwar in doppelter Weise geltend machen, einerseits durch die Amplitude der Bewegungen, welche die Wirkungsstärke bestimmt, und anderseits durch die Art der Unruhe, z. B. die Form oder den Rhythmus derselben, von der die Beschaffenheit des Eindruckes wesentlich abhängt. Die Vergleiche, die wir unwillkürlich anstellen, z. B. der Ausdruck des Brennens für thermische, elektrische, chemische und manche mechanische Eingriffe, die Verwechselung von Geruchs-, Geschmacks- und Tastempfindungen zeigen übrigens, dass wir kein scharfes Auffassungs-

[1]) WIEDEMANN, a. a. O. S. 611.

vermögen für viele dieser Artverschiedenheiten der Erregungen besitzen.

§. 192. Bringt man die scheinbar ebensten Schnittflächen eines quergetrennten Nerven in ihrer natürlichen Lage noch so genau zusammen, so bleibt doch die Leitung der Nervenerregung an dieser Stelle unterbrochen. Da aber die Enden der verletzten Primitivfasern umgelegt und die Markmassen in Folge des Druckes theilweise verdrängt sein können, so gestattet dieser Versuch nur den Schluss, dass eine längere Continuitätsunterbrechung die Fortleitung der Nervenerregung aufhebt. Er lehrt also nicht mehr, als das Ausschneiden eines Nervenstückes.

Umschnürt man einen dünnen Nervenast mit einem Coconfaden so fest als möglich und löst sogleich die Ligatur auf, so steht die Leitung an der Verletzungsstelle eben so gut still, als wenn man den Nerven durchschnitten hätte. Solche möglichst dünne Ligaturen hemmen auch die Fortpflanzung der negativen Stromesschwankung und des Elektrotonus. Dieses beweist wenigstens, dass sich die Wirkungen der Nervenmolecüle nicht über irgend grosse endliche Abstände erstrecken. Man kann den Versuch mit ähnlichem Ergebnisse an dem Muskel wiederholen. Die idiomusculäre Zusammenziehung läuft dann oft bis zur Einschnürungsstelle ab und ihre Welle kann sogar hier zurückgeworfen werden. Diese Thatsachen lehren, dass die Fernwirkungen der Nerven- und der Muskelmolecüle um vieles geringer sind, als die inducirenden und magnetisirenden der elektrisirten Theilchen unorganischer Massen. Der durch den organischen Bau gegebene Zusammenhang, der sich durch kein künstliches Mittel ersetzen lässt, drängt sich als Grundbedingung für die Leistung der Nerven und der Muskeln auf.

§. 193. Die unter dem Mikroskope kenntliche Gerinnung des Nervenmarkes bildet ein Zeichen, dass die Lebensthätigkeiten desselben aufgehört haben. Man darf aber nicht den Satz umkehren, weil ein Nerv, der nicht mehr wirkt, eine Markmasse darbieten kann, die sich in keiner Hinsicht von der gesunden, lebenskräftigen unter dem Mikroskope unterscheidet. Wir werden in der Folge sehen, dass die Thätigkeit der Nervenfaser möglich bleibt, wenn schon die Ränder des Markes die Doppellinien, die den Eintritt der Gerinnung verrathen, darbieten, der mittlere Abschnitt dagegen noch gleichartig erscheint. Dieses lehrt, dass die geronnenen Markmassen die benachbarten ungeronnenen in ihrer Lebensthätigkeit nicht nothwendiger Weise stören und dass die Fortpflanzung

der Nervenerregung die Unruhe des gesammten Querschnittes nicht als Grundbedingung voraussetzt.

§. 194. Man hat eben so oft behauptet, als geläugnet, dass ein elektrischer Strom nur dann Bewegungen erzeugt, wenn er den Nerven der Länge nach oder schief, nicht aber wenn er ihn quer durchsetzt. Es lässt sich schon theoretisch erwarten, dass auch in dem letzteren Falle Zuckungen auftreten können. Der Strom geht nicht bloss durch den Querschnitt, durch den man ihn zu leiten beabsichtigt, sondern Stromesschleifen verlaufen auch oberhalb und unterhalb desselben, wenn man zwei noch so spitze Metallelektroden zu beiden Seiten des Nerven angelegt hat. Führt man den Erregungsstrom durch einen quer über den Nerven gelegten nassen Faden, so gelangen nur schwache Stromesschleifen in die Markmasse der Nerven, da sie schlechter als das Wasser leitet. Jedes mit der Tangentenrichtung zusammenfallende Element einer bogenförmigen Schleife lässt sich in eines zerlegen, das parallel der Querachse und eines, das in der Richtung der Längsachse des Nerven verläuft. Das Letztere kann nach jener Annahme wirken. Misslingt dessenungeachtet die quere Durchleitung bei sehr schwachen Strömen, so hat dieses darin seinen Grund, dass der Nerv ein sehr schmales Schliessungsstück von grossem Leitungswiderstande bildet, die Erregung daher zu klein ausfällt. Etwas stärkere Ströme liefern dann immer Zusammenziehungen.

§. 195. Ich nahm, je nach Bedarf, ein bis acht Zinkkohlenelemente, die mit Schwefelsäure geladen waren und schaltete einen längeren Flüssigkeitsrheostaten in den Kreis ein, damit die Widerstandsänderung bei der Benutzung verschiedener Durchflussstellen des Oberschenkels des lebenden Frosches gleichgültig bleibe. Stach ich die durch eine Auflösung von salpetersauerem Quecksilberoxydul amalgamirten Elektrodennadeln zuerst so ein, dass der Hauptstrom den Nerven quer und später, dass er ihn longitudinal in gleicher Länge, wie früher, durchsetzte, oder kehrte ich die Ordnung dieser Versuche um, so ereignete es sich, dass der longitudinale Durchfluss Muskelcurven von geringerer grösster Hubhöhe als der quere lieferte. Schwächte ich den quer durchgeleiteten Strom in hohem Grade ab, so erzeugte zuletzt die Schliessung nur geringe Beugungs- und Streckbewegungen des Unterschenkels, die je nach den Stromesrichtungen wechselten. Man hatte die ersteren, wenn der Strom von aussen nach innen und die letzteren, wenn er umgekehrt verlief. Oeffnungswirkungen fehlten gänzlich.

§. 196. Die Behauptung, dass die Erregung einer gleich grossen und entfernteren Längsstrecke eines kurz vorher durchschnittenen Nerven eine stärkere Zusammenziehung, als die einer dem Muskel näheren erzeugt, trifft häufig in Froschpräparaten zu. Diese Erscheinung bildet aber oft eine blosse Folge der grösseren Erregbarkeit, die sich von dem künstlichen Querschnitt an eine Strecke weit ausdehnt. Man arbeitet an dem lebenden Frosche, nachdem man wiederum einen Flüssigkeitsrheostaten von grossem Widerstande, z. B. um die Polarisation zu vermeiden, amalgamirte Zinkelektroden in gesättigter schwefelsauerer Zinklösung eingeschaltet hat. Es bleibt unter diesen Verhältnissen in Betreff des Leitungswiderstandes gleichgültig, durch welchen Theil des Oberschenkels der Strom geführt wird. Man erhält dann oft genug Muskelcurven mit grösseren maximalen Hubhöhen durch die Erregung der näheren, als durch die der entfernteren Nervenstrecke, wenn auch die Längen die gleichen bleiben, vorausgesetzt, dass diese überhaupt nicht allzu kurz sind. Der entgegengesetzte Erfolg kann dann zu Stande kommen, wenn der Nerv durch zu rasche Wiederholung der Versuche reizbarer geworden. Man darf daher nur je eine Erregung nach einer längeren Pause vornehmen.

Der Beweis, dass die von dem Muskel entferntere Strecke des lebenden unversehrten Nerven schwächer als die nähere wirkt, lässt sich am besten führen, wenn man den Versuch so einrichtet, als wollte man die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Nervenerregung bestimmen (§. 175.). Schiebt man dann die Inductionsrolle des Schlitten-Magnetelektromotors von der inducirenden immer weiter fort, so gelangt man zuletzt zu einer Entfernung, wo ein einziger augenblicklicher Kettenschluss eine merkliche Verkürzung nur bei dem Gebrauche der unteren, nicht aber der oberen Nervenstelle erzeugt. Die Letztere wirkt erst sichtlich, wenn sich die schwachen Schläge rasch nach einander wiederholen.

§. 197. Bedeutende Empfänglichkeitsunterschiede zeigen sich nach Budge und Pflüger an einzelnen beschränkten Nervenstellen von Froschpräparaten. Die reizlosesten werden von ihnen die Knotenpunkte genannt. Es muss vorläufig dahingestellt bleiben, wesshalb sie auftreten und ob solche Bezirke auch in dem nicht misshandelten lebenden Nerven vorkommen.

§. 198. Wie allzu langsame Abgleichungen elektrischer Ströme nicht sichtlich wirken, so bleiben auch alle anderen Arten von Reizen äusserlich erfolglos, so wie die durch sie erzeugten Ver-

änderungen nicht rasch genug eingreifen. Man kann z. B. das Hüftgeflecht sehr langsam beträchtlich ausdehnen, ohne dadurch Zuckungen herbeizuführen. Geschwülste vollführen dasselbe unter krankhaften Verhältnissen. Legt man ein Stück Eis auf das Hüftgeflecht eines Frosches, der sich in einer Luftwärme von 10° bis 20° C. befindet, so erhält man nicht selten eine lebhafte Muskelverkürzung in dem Hinterbeine. Lässt man das Hüftgeflecht auf Null und noch tiefer abkühlen, indem man es z. B. mit einem postpapierdünnen Blatte von Guttapercha bedeckt und auf dieses mit Aether durchtränkte Baumwolle bringt, so bleibt alles ruhig, wenn auch die Empfänglichkeit durch diese Behandlung nicht zu Grunde geht. Derselbe Doppelversuch gelingt ebenfalls, je nachdem man warmes Wasser auf den Hüftnerven giesst oder kaltes, das ihn umgibt, durch vorsichtiges Hinzufügen von warmem auf die gleiche Höhe erwärmt. Eine Lösung von einem Theile Chromsäure in neun Theilen Wasser, mit der man das Hüftgeflecht plötzlich berührt, ruft nicht selten Zuckungen hervor. Umgibt man dasselbe mit Wasser und löst in diesem Chromsäure allmählich auf, so kann alles bei gehöriger Vorsicht ruhig bleiben.

Die Empfindungen zeigen ähnliche, obgleich z. Th. abweichende Erscheinungen. Die plötzlichen Einwirkungen haben tumultuarische, die allmählichen ruhigere Folgen, die desshalb häufig weniger wahrgenommen oder selbst gar nicht beachtet werden. Dieselbe Lichtstärke, die uns unter gewöhnlichen Verhältnissen nicht im mindesten stört, blendet unser Auge, wenn dieses unmittelbar aus dem Finstern kommt. Die kräftige Wirkung der Contraste beruht auf dem raschen Ueberspringen einer wesentlich verschiedenen Empfindung zur anderen. Dieselbe Druckgrösse, die plötzlich eingreifend Schmerz erzeugt, wird weniger oder gar nicht empfunden, wenn sie aus einer sehr langsamen allmählichen Steigerung hervorgeht.

§. 199. Vergleicht man überhaupt, wie dieselbe Reizgrösse auf die Empfindungs- und die Bewegungsnerven wirkt, so ergibt sich, dass jene die Erregungen mit grösserer Feinheit erwidern, als diese. Wir werden hieraus schliessen, dass im Allgemeinen die Uebersetzung der Unruhe der Bewegungsnerven in Muskelzusammenziehung einen bedeutenderen Widerstand zu überwinden hat und daher mehr Energie entwickeln muss, als die der Veränderung der Empfindungsnerven in die ihnen entsprechenden Eindrücke. Die Zusammenziehung fordert auch eine Uebertragung auf die von den Nervenfasern so abweichende Muskelmasse, die Empfindung dagegen eine auf die verwandteren und anatomisch mit ihnen verbundenen Ganglienkugeln.

§. 200. Der Satz, dass nicht bloss zu langsame, sondern auch zu rasche Veränderungen ihre Wirkung verfehlen, gilt ebenfalls nicht bloss für die elektrischen, sondern auch für andere Reize. Es gelingt bisweilen, den Nerven mit solcher Schnelligkeit mittelst einer scharfen Scheere durchzuschneiden, dass sich die von ihm abhängigen Muskelmassen nicht zusammenziehen. Ein Soldat, dem eine Kanonenkugel ein Glied fortreisst, spürt oft Nichts davon in dem ersten Augenblicke. Das Gleiche kann sich bei den heftigsten Verbrennungen oder den stärksten chemischen Eingriffen wiederholen. Soll also eine Veränderung wirken, so muss die Geschwindigkeit derselben innerhalb gewisser endlicher Werthe liegen.

§. 201. Der Geruchsnerv und manche Endverbreitungen der Nervenfasern verrathen keinen Markinhalt in gewöhnlichem Lichte. Sie erweisen sich dagegen negativ in Bezug auf die Längsachse in polarisirtem und erscheinen desshalb lebhaft gelb, wenn ihre Längsrichtung der Achsenebene des eingeschalteten Gypsblättchens von Roth erster Ordnung parallel steht (§. 71.). Da die Scheidenbildung allein diese Eigenthümlichkeit nicht bedingen kann, so hat man hier eine leitungsfähige Markmasse, die von dem gewöhnlichen Marke abweicht. Etwas Aehnliches wiederholt sich für die noch nicht vollkommen ausgebildeten Primitivfasern des Embryo, deren Reizung schon Zusammenziehungen der Muskeln herbeiführt. Lehren diese Thatsachen, dass die Molecularveränderung, welche die Nervenleitung bedingt, in jenen durchsichtigeren und weniger weiss gefärbten Markmassen eben so gut, als in den gewöhnlichen weissen und zähen zu Stande kommen kann, so deutet die leichte Darstellbarkeit des Primitivbandes durch Reagentien an, dass der centrale Theil des ausgebildeten Markes nicht ganz die gleiche Molecularbeschaffenheit, wie der peripherische besitzt. Beide können aber wiederum die Nervenerregung, wie wir sehen werden, fortpflanzen. Es gibt also mehr als eine einzige Art von Marksubstanz, die der Mittheilung der Unruhe von Querschnitt zu Querschnitt fähig ist.

§. 202. Die verhältnissmässig leichte chemische Veränderlichkeit des Markes lehrt, dass das Gleichgewicht der durch die chemische Anziehung bedingten Gruppirung der kleinsten Theile ohne grossen Widerstand aufgehoben wird. Da jede kraftvolle Nerventhätigkeit mit einem chemischen Wechsel der Markmasse verbunden ist, so liegt die Vermuthung nahe, dass beide überhaupt Hand in Hand gehen. Ist dieses der Fall, so besteht die Molecularveränderung, welche die Nerventhätigkeit begleitet, in keiner einfachen Verrückung

der Theilchen, die gegen die wechselseitigen Abstände derselben sehr klein ist, wie bei den elastischen Wirkungen, sondern in einem durchgreifenderen Stellungswechsel, wodurch sich auch die chemische Gruppirung zum Theil anders gestaltet. Man darf aber nicht glauben, dass hierdurch eine nur den Nerven charakterisirende Eigenthümlichkeit gegeben ist. Alle, durch mechanische Wirkungen chemisch zersetzbare Massen bieten das Gleiche dar.

§. 203. Es bleibt vorläufig dahingestellt, ob die Nervenmolecüle in einem stabilen oder labilen Gleichgewichte ihrer durch die Schwere und die chemische Verwandtschaft bedingten Anziehung und der durch die Aetheratmosphären veranlassten Abstossung während des Mangels der Nerventhätigkeit ruhen, oder in fortwährenden Schwingungen begriffen sind. Jeder örtliche Reiz der Nervenfaser ruft aber jedenfalls eine Bewegung und zum Theil eine andere Gruppirung der Theilchen der getroffenen Stelle hervor. Die Art der hierdurch zu Stande kommenden Verschiebung drückt sich dann auch in den Gleichgewichtsstörungen aus, die sich von Schicht zu Schicht oder von Molecül zu Molecül ausserhalb der erregten Stelle fortpflanzen, so dass verschiedene Grössen und Arten der Wirkungen zu Stande kommen (§. 191.). Es ist wahrscheinlich mehr als ein blosses Bild, wenn man sich hierbei vorstellt, dass jeder Nervenreiz nach Art eines Stosses wirkt. Die lebendige Kraft des getroffenen Theilchens d. h. das Product der Masse desselben in das Quadrat der Geschwindigkeit, mit der es fortgestossen wird, nimmt mit der Reizstärke zu und bildet den mechanischen Ausdruck der Grösse der erregenden Wirkung.

§. 204. Die mathematische Theorie der Elasticität vereinfacht ihre Rechnungen in hohem Grade durch zwei Annahmen. Obgleich die Intensität der Molecularkräfte ausserordentlich gross ist, so reicht doch ihr Wirkungsbezirk in keine endliche Ferne. Er geht auf einen verschwindend kleinen Werth hinab, so wie sich ein Theilchen in einem endlichen Abstande von dem anziehenden oder abstossenden Theilchen befindet. Die elastischen Kräfte werden dadurch in Thätigkeit gesetzt, dass ein Theilchen seine Gleichgewichtslage aus irgend einem Grunde verlässt, die Entfernungen von anderen auf diese Art ändert und Einflüsse der Anziehung und der Abstossung in Thätigkeit setzt. Man nimmt dabei an, dass die Verrückung im Verhältniss zu dem gegenseitigen Abstande der Theilchen so klein ausfällt, dass man die zweiten und die höheren Potenzen in der Rechnung vernachlässigen kann. Dieses gibt, wie man sieht, immer nur

Annäherungsformeln, die keine Anwendung auf sehr ausdehnbare Körper, wie Kautschuk und auf Massen, deren Elasticitätsgrenze bald überschritten ist, finden. Die Zustände endlich, die dem Bruch oder der Zerreissung vorangehen, können nicht bei dieser Auffassungsweise mathematisch ausgedrückt werden [1]).

§. 205. Man darf schon jetzt behaupten, dass man diese die mathematische Ausführung erleichternden Annahmen für die während der Nerventhätigkeit vor sich gehenden Veränderungen nie wird machen können. Da hier Verrückungen, die auch andere chemische Atomgruppirungen erzeugen, auftreten, so fallen sie auch nicht so klein, wie es die Elasticitätstheorie annimmt, in Bezug auf die gegenseitige Entfernung der Atome aus. Die Unruhe der Nervenmolecüle ist daher durchgreifender und verwickelter, als die, welche z. B. die Beugungs- oder die Verdichtungswellen eines tönenden Körpers erzeugt. Versteht man aber unter elastischen Kräften diejenigen rege gewordenen Thätigkeiten, welche durch die Verschiebung der Theilchen, durch die Störung ihrer wechselseitigen Gleichgewichtslage wach gerufen worden, so lässt sich dieser Begriff auch mit Erfolg auf die Nervenmasse, wie wir sehen werden, übertragen.

§. 206. Viele Erscheinungen lehren, dass die Nerventheilchen der Verrückung mit einer gewissen Kraftgrösse Widerstand leisten. Dieselbe langsame oder in enge Grenzen eingeschlossene Abgleichung, welche eine lebhafte Zusammenziehung eines Froschnerven bei 20° C. herbeiführt, bleibt wirkungslos, so wie man den Nerven auf 0° bis 5° in einer Strecke seiner Leitungsbahn abgekühlt hat. Die wenig ausgiebigen und mit auffallender Trägheit fortgepflanzten Erregungen der winterschlafenden Murmelthiere gehören ebenfalls hierher. Man kann die Leichtigkeit der Nervenwirkungen durch wiederholte Reizungen, durch die Behandlung mit rasch abwechselnden elektrischen Strömen, durch die bis zur Grenze der Abtödtung fortgeführte Erwärmung bedeutend vergrössern. Alle diese Thatsachen lassen sich aus dem Wechsel der Beweglichkeit der Nerventheilchen am Einfachsten erklären. Sie bildet eine umgekehrte Function des Widerstandes, den sie der Verrückung entgegen setzen.

§. 207. Man kann einen inneren und einen äusseren Widerstand, wie in den galvanischen Vorrichtungen, unterscheiden. Jener bezieht sich auf die Strecke des Nerven, die von der äusseren Erregung unmittelbar getroffen wird und dieser auf diejenigen Nerven-

---

[1]) Siehe A. Clebsch, Theorie der Elasticität fester Körper. Leipzig 1862. 8. S. 4.

abschnitte, durch welche sich die Unruhe fortpflanzt. Wird z. B. die Markmasse durch eine Säure oder ein Alkali rasch auf das Durchgreifendste geändert, so ist der innere Widerstand schnell bewältigt, während der äussere die mannichfachsten Werthe besitzen kann. Die Kälte, welche die Beweglichkeit herabsetzt, also beide Arten von Widerständen erhöht, vermindert auch die Dauer der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Nervenerregung, während die Wärme den umgekehrten Erfolg nach sich zieht. Die Zeit der Mittheilung der Unruhe wächst, wenn die Excursion im Verhältniss zur angewandten Kraftgrösse geringer und langsamer wird.

§. 208. Die Erfahrung lehrt ferner, dass nicht nur die durch die lebendige Kraft gemessene Reizstärke und der von der Beweglichkeit der Molecüle abhängige innere und äussere Widerstand, sondern auch die Summe der unmittelbar erregten Nerventheilchen die Wirkung bestimmt. Die letztere wächst mit der Länge der erregten Nervenstrecke, wenn diese keine compensirende Abnahme des Querschnittes darbietet. Hat man wiederum einen Flüssigkeitsrheostaten in den Kreis, in dem sich der Oberschenkel des Frosches befindet, eingeschaltet und lässt den gegenseitigen Abstand der Elektrodennadeln wechseln, so sieht man, dass es immer eine Entfernung gibt, bei der schwache elektrische Erregungen keine Zusammenziehungen hervorrufen. Man gelangt allmählich zu einer kleinsten Länge, welche Wirkungen unter den gleichen Verhältnissen zur Folge hat. Vergrössert man jene noch mehr, so gelingt es oft, ein noch stärkeres Verkürzungsmaximum hervorzurufen. Allein die Versuche mit ausgedehnteren Längsstrecken scheitern oft. Es kann sogar dann eine beträchtlichere Entfernung eine kleinere maximale Hubhöhe geben, wenn die Veränderungen, welche jede Erregung in der Nervenmasse zurücklässt, den Einfluss der Längsstrecke überwiegen. Man erhält dann schwankende Ergebnisse, man möge Kettenströme, einen einmaligen Inductionsschlag gebrauchen oder den Magnetelektromotor nur wenige Secunden wirken lassen.

§. 209. Diese Nebenverhältnisse hindern es auch, die quantitative Beziehung der Länge der angesprochenen Nervenstrecke zur Grösse der Erregung aufzufinden. Nur so viel scheint sicher, dass die letztere nicht immer in geraden Verhältnissen zur ersteren, viel weniger nach einer höhern Potenz als der ersten zunimmt. Es liegt hier eine Function zum Grunde, die den Erfolg bei geringen Längen nahezu mit dieser und bei grösseren in stets geringerem Grade wachsen lässt.

§. 210. Dieser Umstand beseitigt eine Vorstellung, die überdies noch wesentliche Schwierigkeiten einer genauen physikalischen Auffassung entgegensetzen würde. Man könnte hier nämlich denken, die Gesammtsumme der erregten Nerventheilchen stosse gegen die nicht erregten. Die hierbei auftretende lebendige Kraft würde von zwei Bedingungsgliedern abhängen, die Geschwindigkeit von der an allen Punkten gleich gedachten Reizstärke und die Masse von der Gesammtsumme der durch diese unmittelbar in Bewegung gesetzten Theilchen. Der Hin- und Hergang der letzteren könnte Empfindung oder Bewegung nach Verschiedenheit der Nervenfasern hervorrufen. Wäre die Wirkung eine Function der lebendigen Kraft, so müsste sie bei gleicher Geschwindigkeit mit der Masse, also in unserem Falle mit der Länge der als cylindrisch zu denkenden Strecke zunehmen. Diese Folgerung bewährt sich aber weder für die Empfindungs- noch für die Bewegungserscheinungen.

§. 211. Man kann aus dem gleichen Grunde nicht annehmen, dass jedes unmittelbar angesprochene Nerventheilchen seine Wirkungen ungehindert bis zu dem Operator sendet und die Einflüsse aller sich nach dem Principe der Superposition der kleinsten Bewegungen zusammenaddiren. Denn auch hier müsste der Erfolg mit der Summe der Theilchen, folglich wiederum mit der Länge der Nervenstrecke bei Gleichheit des Querschnittes zunehmen.

§. 212. Der Einfluss der Länge des gereizten Bezirkes hängt wahrscheinlich wesentlich davon ab, dass nicht alle Querschnitte gleichzeitig angesprochen werden. Denn selbst die schnellste uns zu Gebote stehende Erregung pflanzt sich innerhalb einer endlichen Zeitgrösse im Nerven fort. Ist dieses der Fall, so wird jedes später getroffene Nerventheilchen von mehreren Einflüssen gleichzeitig angeregt, von dem unmittelbaren Reize und den bis zu ihm fortgepflanzten Wirkungen der früher erregten Theilchen. Da es von den Phasenzuständen der letzteren abhängt, ob hierbei verstärkende oder schwächende Ergebnisse auftreten, so bleibt es wenigstens theoretisch denkbar, dass eine längere Strecke mit einem schwächeren Erfolge bei unglücklicher Combination verbunden sein kann. Diese Auffassungsweise macht es zugleich begreiflich, weshalb die Leistung um so weniger mit der Länge der erregten Strecke wächst, je bedeutender der absolute Werth der letzteren ist.

§. 213. Man darf nach der Analogie mit anderen physikalischen Erscheinungen erwarten, dass die Fortpflanzung der Nervenerregung einen Verlust an lebendiger Kraft aus doppeltem Grunde

nach sich zieht, einerseits durch die Mittheilung der Unruhe an Nachbargebilde und anderseits durch die Wärmeentwickelung, welche die Nerventhätigkeit begleitet. Erinnert man sich aber z. B. mit welcher Stärke noch die schwächsten die Fingerspitzen treffenden Tasteindrücke wahrgenommen werden, so lässt sich schliessen, dass der Verlust an lebendiger Kraft bei der Fortleitung zum Gehirn jedenfalls gering ist, ungefähr wie auch der Blutdruck im Laufe der grösseren Arterienverzweigungen durch die Röhrenwiderstände wenig einbüsst.

§. 214. Wie OHM das nach ihm benannte Grundgesetz des elektrischen Stromes aus der Uebertragung der Praemissen herleitete, die FOURIER für den Durchgang der Wärme durch einen gleichartigen Körper von unendlicher Ausdehnung annahm, so lässt sich auch ein dem Ohm'schen Gesetze ähnlicher Ausdruck für die Nervenerregung aufstellen. Die elektrische Stromstärke gleicht nach jenem der elektromotorischen Kraft, getheilt durch die Summe der inneren und der äusseren Leitungswiderstände des galvanischen Kreises. Hält man sich an die §. 207 gegebene Erklärung der beiden Arten von Widerständen, welche bei der Erregung und der Fortleitung der Nerventhätigkeit in Betracht kommen, nennt den Verlust an lebendiger Kraft, der die Fortpflanzung der Erregung begleitet (§. 213.), den nachträglichen Widerstand und die Erregungsgrösse, welche an dem als Operator thätigen Endorgan, den Muskelfasern oder den die Empfindung vermittelnden Ganglienkugeln anlangt, die wirkende Erregungsstärke, so lässt sich nach dem früher Dargestellten sagen, dass diese letztere dem Producte der durch die Dauer und die lebendige Kraft des Stosses gemessenen Reizstärke und einer von der ursprünglichen Beschaffenheit der unmittelbar erregten Nervenstrecke und der des Erregers abhängigen Function der Summe der getroffenen Markelemente, getheilt durch die Summe des inneren, des äusseren und des nachträglichen Widerstandes der Markmasse gleicht. Die Thätigkeit des Operators aber entscheidet erst in endgültiger Weise, wie diese wirkende Erregungsstärke übersetzt wird.

§. 215. Man muss diesen Umstand immer im Auge behalten, um sich nicht zu unrichtigen Schlüssen verleiten zu lassen. Die Muskelthätigkeit wächst keineswegs stets in gleichem Verhältnisse mit der Grösse der wirkenden Erregungsstärke. Wir haben schon §. 121. gesehen, dass eine Proportionalität des Wachsthumes der Reizgrösse und der Zunahme der Hubhöhen nur innerhalb niederer

Erregungsgrenzen und selbst hier nur annähernd Statt findet. Erhöht sich die Reizstärke, so gewinnt die Muskelarbeit weniger als jene. Das immer entschiedenere Durchgreifen dieser Beziehung erklärt es, weshalb man eine Convergenz gegen ein Verkürzungsmaximum erhält. Dieses aber ist wiederum absolut grösser oder kleiner, je nach der Dauer einer Reizung oder der Länge der Zeiten, in der sich die Erregung wiederholt, wenn auch die Beschaffenheit der Muskelfaser unverändert bleibt. Zu kräftige Reizungen endlich können das Nervenmark zerstören und so ein absolutes Sinken der Muskelzusammenziehung herbeiführen. Die Eigenschaften der Muskelfasern bestimmen die zuerst genannten Eigenthümlichkeiten.

§. 216. Diese Thatsachen lehren unmittelbar, dass man keine Verkürzungsaequivalenz der wirkenden Erregungsstärke annehmen kann, wie die Physik eine mechanische Aequivalenz der Wärme aufstellt. Eine gewisse Wärmemenge wird frei, so wie eine entsprechende Summe mechanischer Arbeit schwindet. Eine mechanische Leistung zieht umgekehrt einen Wärmeverlust nach sich. Die Reibungen und die anderen Bewegungshindernisse der Maschinen und der Widerstand, der sich bei der Zusammendrückung der Gase entwickelt, entbinden Wärme. Diese nimmt ab, wenn das sich ausdehnende Gas eine Druckwirkung ausübt oder wenn sich ein gespannter elastischer Körper zurückzieht. Die noch keineswegs klare Theorie der mechanischen Aequivalenz der Wärme setzt voraus, dass stets die gleiche Wärmemenge dieselbe Grösse mechanischer Leistung vertritt.

Man betrachtet die Wärmemenge, die nöthig ist, um ein Kilogramm Wasser von 0° C. auf 1° C. zu erwärmen, als Wärmeeinheit und die Hebung einer Last von einem Kilogramm auf ein Meter Höhe als Einheit der Nutzwirkung. Die bisherigen annähernden Bestimmungen ergaben, dass das mechanische Aequivalent der Wärme 430 bis 450 Kilogramm-Meter beträgt. Eine Leistung letzterer Art verzehrt also eine Wärmeeinheit und umgekehrt.

§. 217. Es könnte auf den ersten Blick scheinen, als wäre man wenigstens im Stande, ein Verkürzungsaequivalent der wirkenden Erregungsstärke für den Bezirk zu bestimmen, innerhalb dessen die Zunahme der Hubhöhen und die der Nervenreizungen einander proportional bleiben. Da aber auch diese Beziehung nur eine erste grobe Annäherung an die Wahrheit bildet und die Ausmessung der Reizstärke, so wie die genügende Berücksichtigung der verschiedenen

Nervenzustände bei den einzelnen Reizungen ihre bedeutenden Schwierigkeiten hat, so können auch hier keine genauen Ergebnisse erhalten werden.

§. 218. Das mechanische Aequivalent der Wärme macht sich in einer anderen Hinsicht geltend. Der grösste Theil der Wärme, welche bei der Nerventhätigkeit und der Muskelzusammenziehung frei wird, rührt von der lebhafteren beschränkten Elementaranalyse, der stärkeren Verbrennung und Kohlensäureerzeugung her. Sollte man in Zukunft nachweisen können, dass Verdichtungen und Verdünnungen oder Aenderungen der Wärmecapacität auftreten, so liesse sich schliessen, dass auch sie einen Temperaturwechsel herbeiführen. Die drei Arten von Widerständen der Unruhe der Nerventheilchen aber, die wir §. 207. und §. 214. kennen gelernt haben, verzehren einen gewissen Theil von Bewegung der Molecüle. Es muss daher eine dem mechanischen Aequivalente entsprechende Wärmemenge frei werden.

§. 219. Der §. 214. aufgestellte Hauptsatz enthält die allgemeinen Grundzüge der Bedingungen der Aequivalenz und der möglichen Compensation der einzelnen Bestimmungsglieder der wirkenden Erregungsstärke. Eine gewisse Grösse des Reizes z. B. oder eine bestimmte Summe der unmittelbar angesprochenen Markelemente kann eine correspondirende Grösse des Widerstandes ausgleichen. Eine über eine geringere Strecke ausgedehnte chemische Reizung vermag dieselbe wirkende Erregungsstärke zu erzeugen, wie ein mässiger thermischer Eingriff in einen längeren Abschnitt. Der innere und der äussere Widerstand können sich in entgegengesetzter Weise so ändern, dass das gleiche Endergebniss herauskömmt, gleichwie dieselbe Stromstärke durch einen gegenseitigen entsprechenden Wechsel des Kettenwiderstandes, der Länge, des Querschnittes und des elektrischen Leitungswiderstandes des Schliessungsbogens erhalten wird.

§. 220. Es lässt sich voraussehen, dass es früher oder später gelingen wird, die Aequivalente der verschiedenen Reize zu bestimmen oder in Zahlen anzugeben, welche Erregungsgrösse z. B. der örtlichen Wirkung einer Säure von bekannter Concentration für die Einheit der Markmasse hervorruft, wenn man die einer bekannten Druckgrösse als Einheit nimmt. Es versteht sich von selbst, dass die gleiche Beschaffenheit des Markes immer vorausgesetzt wird.

§. 221. Sinkt die elektrische Reizgrösse immer mehr, bis sie endlich keine Zusammenziehung hervorruft, so zeigt zuletzt dessen un-

geachtet das Galvanometer eine negative Schwankung des Nervenstroms an. Dieses beweist, dass immer noch eine verborgene Erregung Statt findet. Man kann dasselbe auch dadurch erhärten, dass die maximale, ein Mal eingreifende und dann scheinbar wirkungslose Reizgrösse Verkürzungen hervorruft, wenn sie sich mehrere Male in kurzen Zwischenräumen wiederholt. Lässt man die Erregung von Null an steigen, so wird sie bis zu einer gewissen Grösse wahrhaft wirkungslos sein, weil sie zu schwach ist, zuerst den inneren und dann den äusseren Widerstand zu überwinden. Zwei andere Grenzbezirke werden der verborgenen Erregung entsprechen, ehe die wirksame zu Stande kommt.

§. 222. Der allmählige Eintritt einer Nervenlähmung wird zuerst eine Stufe der scheinbar und später eine solche der wahrhaft vollständigen Unthätigkeit darbieten. Rührt die Paralyse eines gemischten Nerven von einem örtlichen Leiden desselben her, während die Muskelmassen und die Ganglienkugeln gesund sind, so tritt in der Regel die verborgene Thätigkeit für die Bewegungsfasern früher, als für die Empfindungsnerven ein. Es gibt wahrscheinlich Muskelleiden, bei denen die Uebersetzung der wirkenden Erregungsstärke in Zusammenziehung erschwert ist. Die obere Grenze der verborgenen Erregung muss dann höher liegen.

§. 223. Die elektrische Reizung hat einen doppelten Vorzug vor den übrigen Erregungsmitteln der Nerven. Sehr schwache Wirkungen bleiben in der Regel nicht erfolglos. Das Ergebniss wechselt aber unter Nebenbedingungen, die man bei anderen Reizmitteln nicht herzustellen oder nicht genauer zu erkennen vermag. Jede hypothetische Auffassungsweise der Mechanik der Nerventhätigkeit, die genügen soll, muss vor Allem die Einzelfälle, welche die elektromotorischen Erscheinungen und die elektrische Reizung darbieten, im Auge behalten.

§. 224. Da das Leitungsvermögen einer Flüssigkeit oder eines Elektrolyten überhaupt von der Zersetzung desselben nach dem Grundsatze von SAWELIEW unzertrennlich ist, so wird jeder elektrische Strom, der durch den lebenden oder den todten Nerven fliesst, von einer Elektrolyse begleitet sein. Unsere optischen und chemischen Hilfsmittel weisen nur die gröberen Wirkungen, wie sie durch starke Ströme nach längerem Durchflusse erhalten werden, nach. Allein die häufig vorkommende Erscheinung, dass dieselbe Abgleichungsgeschwindigkeit eines schwachen Stromes zweimal hinter einander auf dieselbe Nervenstrecke wirkend ungleiche Leistungen zur Folge

hat, deutet schon an, dass die Erregung das zweite Mal eine andere Markmasse, als in dem ersten Versuche trifft. Das einseitige Auftreten von Schliessungs- oder Oeffnungszuckungen in misshandelten Nerven kann, wie wir sehen werden, das Gleiche beweisen.

§. 225. Der Gedanke, die galvanische Erregung einer blossen chemischen Reizung der Nerven gleichzustellen, würde der Wahrheit nicht entsprechen. Die Elektrolyse greift während der Dauer des Geschlossenseins der Kette und nicht bloss im Augenblicke der Schliessung durch. Nur diese und nicht jene liefert gewöhnlich aber die Zuckung, wenn schwache Ströme auf die gesunden lebenden Nerven wirken. Stärkere geben noch eine Oeffnungszusammenziehung, und erst die stärksten bei denen die Elektrolyse allzu mächtig geworden, verrathen die zerstörenden Wirkungen derselben durch krampfhafte auf- und niedergehende Verkürzungen, während des Geschlossenseins der Batterie.

§. 226. Das Nervenmark wird von der Ernährungsflüssigkeit überall durchtränkt, so dass man sich die Molecüle beider ziemlich gleichförmig zwischen einander gelagert denken kann. Der Fettgehalt des Markes lässt erwarten, dass es die Elektricität schlechter als die wässrige Ernährungsflüssigkeit leiten wird. Geht ein Strom durch eine Mischung von Elektrolyten von ungleichem elektrischem Leitungsvermögen, so wird der bessere Leiter zuerst, ja bisweilen allein zersetzt. Er würde hiernach im Nerven die Ernährungsflüssigkeit früher als das Mark angreifen, ein Umstand, der den plötzlichen Eintritt der Schliessungszuckung zwar nicht undenkbar, aber wenigstens nicht erklärlicher macht.

§. 227. Was wir chemische Wahlverwandtschaft nennen, beruht auf einer Anziehung, deren Wirkung für Atome von gegenseitigem endlichem Abstande nicht mehr vorhanden ist. Mischt man zwei verschiedene Körper mit einander, so können sich im Anfange andere in endlicher Ferne thätige Anziehungskräfte, wie die Schwere, die Elektricität geltend machen. Die chemische Umwandlung oder die ihr entsprechende Atomengruppirung tritt erst bei der sogenannten unmittelbaren Berührung d. h. dann in Wirksamkeit, wenn die früher wirkenden Kräfte den für die chemische Anziehung nöthigen Grad der beträchtlichen gegenseitigen Annäherung der Molecüle herbeigeführt haben. Das Abstossungsvermögen der Wärmeatmosphären, wie LAPLACE sich ausdrückte, oder der die Atome umgebenden Aethermolecüle, wie man gegenwärtig sagt, hindert aber dann, dass die chemische Anziehung eine unmittelbare Berührung herbeiführt. Eine

neue Gleichgewichtslage einzelner Atomengruppen, die man auch chemische Molecüle nennen kann, kommt auf diese Art zu Stande. Wären die Atome in jeder Hinsicht unter sich gleichartig, so liesse sich aus der Zahl derselben nach den Regeln der Combinationslehre bestimmen, wie viele solcher Gruppirungen oder wie viele isomere Molecüle möglich sind. Die Menge der letzteren scheint aber in der Wirklichkeit geringer auszufallen, als die Rechnung für möglich gibt. Man kann sich dieses daraus erklären, dass die Verschiedenheit der Formen und die Mannigfaltigkeit der Stellungen der Achsenrichtungen der Atome die Anziehungserscheinungen bestimmen helfen und deren Wirkungen einschränken.

§. 228. Da unsere physikalischen und chemischen Prüfungsmittel nur bis zu einem gewissen Grade der Feinheit hinabgehen, so muss man annehmen, dass es viele Formen des inneren Wechsels isomerer und solche der Verbindung verschiedener Molecüle zu neuen geben wird, deren Eigenthümlichkeit sich unserer unmittelbaren Erkenntniss entzieht. Wir haben schon früher (§. 34.) gesehen, dass der ganze Streit der Berührungs- und der chemischen Theorie des Galvanismus auf der verschiedenen Deutung solcher Verhältnisse beruht. Hierher gehört auch die Beantwortung der Frage, ob die Verbindung der Schwefelsäure mit Wasser eine blosse Mischung oder einen chemischen Process bildet, endlich von welchem Gesichtspunkt aus die innere Massenveränderung der Nerven während des Durchtrittes elektrischer Ströme zu beurtheilen sei.

§. 229. Wir werden die letztere als einen Ortswechsel der Atome in erster Linie anzusehen haben. Die Stärke desselben bestimmt es, ob hierdurch Atomgruppirungen zu Stande kommen, die sich unseren verhältnissmässig stumpfen Erkenntnissmitteln verrathen, ob die Nervenmasse sichtlich gerinnt, sich sonst chemisch zersetzt, grössere merkliche Mengen von Sauerstoff aus ihrer Umgebung anzieht und solche von Kohlensäure ausscheidet oder nicht.

§. 230. Es schiene unter diesen Verhältnissen das Einfachste, die Molecularunruhe der Markmasse, welche der elektrische Reiz erzeugt, aus Grundvorstellungen herzuleiten, die eine Anwendung des Ampère'schen Hauptgesetzes der mechanischen Wechselwirkung zweier unendlich kleiner Ausdehnungen galvanischer Ströme möglich machen. Sie gleicht hiernach dem Producte der Stärke der beiden Ströme und der Projectionen der Längen der zwei Stromelemente auf die gleiche Richtung getheilt durch das Quadrat der gegenseitigen Entfernung jener Elemente und das Ganze mit einem Ausdrucke ver

vielfältigt, der die Cosinus der verschiedenen Neigungswinkel gegen ein dreiachsiges senkrechtes Coordinatensystem enthält. Es ist eine blosse Aufgabe der Integralrechnung, die Wirkung endlich oder unendlich langer Ströme aus dieser Gleichung, deren Differentiale durch die Stromelemente gegeben sind, herzuleiten. Man muss dabei immer im Auge behalten, dass zwei parallele und gleichgerichtete Ströme einander anziehen, entgegengesetzt gerichtete hingegen sich wechselseitig abstossen.

§. 231. Wollte man eine Theorie der elektrischen Nervenerregung auf dieser Grundlage aufbauen, so müsste zuvörderst der den Nerven durchsetzende galvanische Strom einen andern treffen, auf den er mechanisch wirken kann, d. h. man müsste sich, wie bei der Ampère'schen Auffassungsweise des Magnetismus, vorstellen, dass die Atome oder die Molecüle des Nervenmarkes von elektrischen Elementarströmen umflossen werden. Die bestimmte Richtung des ruhenden Nervenstromes macht es unmöglich, diese Ströme in unendlich vielen verschiedenen Richtungen, wie in den nicht magnetischen, aber magnetisirbaren Körpern dahingehen zu lassen. Man müsste ihnen eine Richtung ertheilen, die nicht bloss den ruhenden Nervenstrom, sondern auch die Bewegungserscheinungen desselben erklärte, die zugleich erläuterte, wesshalb jede der beiden Stromesrichtungen in dem gesunden Nerven nur Schliessungszuckungen hervorruft, in dem misshandelten dagegen verschiedene einseitige Wirkungen bedingen kann. Eine einfache Hypothese, wie die Ampère'sche für den Magnetismus, reicht hier ohne unbeweisbare Hilfsannahmen keinesfalls aus.

§. 232. Legen wir z. B. die du Bois'sche Annahme peripolarer Molecüle zum Grunde. Man stellt sich hier vor, dass die Muskelfaser und der Markinhalt der Nervenfaser aus kugelförmigen elektromotorischen Theilchen bestehen, deren Polachse in der Richtung der Längsachse der Faser dahingeht, deren Aequatorialebene also mit einer auf der Längsachse senkrechten Querebene zusammenfällt. Jedes dieser Molecüle besitzt eine mittlere positive Aequatorialzone und zwei negative Polbezirke. Die eben angegebene Stellung der Theilchen hat zur Folge, dass der künstliche Querschnitt nur negative, die natürliche Längsfläche vorherrschend positive Wirkungen besitzen wird, vorzüglich, wenn man sich die Stärke der elektrischen Gegensätze der positiven und der negativen Bezirke den Flächen der letzteren proportional denkt und jene vor diesen vorherrschen. Man sieht hieraus, dass

die Annahme peripolarer Molecüle nur eine auf die kleinsten Theile angewandte Uebertragung dessen bildet, was man im Grossen sieht, dass nämlich die natürliche Längsfläche des Muskel- oder des Nervencylinders gegen die den künstlichen Querschnitten entsprechenden beiden Endflächen positiv ist. (§. 153.)

Da die leitende Ernährungsflüssigkeit die Masse des Muskels und des Nervenmarkes durchtränkt, so werden immer entgegengesetzt gerichtete Ströme von dem positiven Aequatorial- nach den beiderseitigen Polbezirken eines jeden Molecüles gehen. Die anhaltende elektromotorische Kraft sichert die Fortdauer derselben. Ein elektrischer Strom, der den Nerven durchsetzt, wirkt auf diese Ströme und deren Träger ein. Drehen sich dabei die letzteren nur um ihre Schwerpunkte oder auch zugleich fortschreitend, aber immer in der Art, dass die natürliche Längsfläche einen Theil ihres positiven Bezirkes verliert, und der künstliche Querschnitt ihn gewinnt, so muss eine negative Stromesschwankung die Nerventhätigkeit begleiten.

Dieses würde am einfachsten zu Stande kommen, wenn die Peripolarität nur dadurch entstünde, dass die chemische Anziehung je zwei bipolare Molecüle, d. h. solche deren eine Hälfte positiv und deren andere negativ ist, in einer der Längsachse des Nerven parallelen Richtung so verbunden hielte, dass die positiven Polbezirke einander zugewendet blieben. Geht der elektrische Strom jener Längsachse entsprechend durch, so wird er nur das eine der beiden Molecüle in seinem Sinne zu richten suchen, weil das andere demselben schon entspricht. Allein die chemische Anziehung beschränkt nicht nur dieses Streben, sondern erzeugt auch eine Drehung des zweiten Molecüles nach Maassgabe der des ersten. Dieser Umstand macht es begreiflich, dass beide Querschnitte des Nerven weniger negativ im Verhältnisse zur Längsfläche werden und die negative Stromesschwankung an jedem von ihnen auftritt. Der jederseitige Phasenwerth des Elektrotonus (§. 142.) rührt dann von der Grösse des Ueberwiegens der polarisirenden Kraft des erregenden Stromes in seinem Sinne über die durch die ursprüngliche chemische Beschaffenheit bestimmte gegenseitige Anziehung der positiven Bezirke der zwei bipolaren Molecüle, deren Ausdruck der Nervenstrom ist, her.

§. 233. Man kann den reizenden Strom als unendlich lang gegenüber der Länge der Molecularströme ansehen. Diese brauchen aber deswegen nicht nothwendiger Weise als unendlich kurz aufgefasst zu werden. Die Stromfäden des ersteren werden vor Allem

in der besser leitenden Ernährungsflüssigkeit, also in einer gewissen Entfernung von den Strömen der Markmolecüle dahingehen. Denkt man sich die Länge der letzteren im Verhältniss zu dem Abstande derselben von dem erregenden Stromesfaden so klein, dass man die zweiten und die höheren Potenzen eines Bruches vernachlässigen kann, der die Länge des Molecularstromes zum Zähler und die erwähnte Entfernung zum Nenner hat, so vereinfacht sich die Formel, zu welcher die Integration der Ampère'schen Grundgleichung in unserem Falle führt, in hohem Grade. Sie enthält nämlich ursprünglich Summationsglieder, in denen das Product des wechselseitigen Neigungswinkels beider in einer Ebene gedachter Ströme und das Quadrat des erwähnten Bruches als zweites und höhere Potenzen desselben in den späteren Gliedern vorkommen [1]). Braucht man aber nur die erste Potenz jenes Bruches beizubehalten, so fällt der Einfluss der gegenseitigen Lagenbeziehungen beider Ströme fort und man erhält den einfachen Satz, dass dann immer die gesammte Wirkungsresultante des unendlich langen Stromleiters auf den sehr kleinen endlichen von einem anderen Strome durchflossenen Leiter, also für unseren Fall die des erregenden Stromes auf die Molecüle als Träger der Molecularströme durch das Product der Intensitäten beider Ströme und des oben erwähnten Bruches ausgedrückt wird. Dieses würde unmittelbar erklären, wesshalb stärkere Ströme für dieselben Abgleichungszeiten und lebenskräftigere Nerven, in denen auch die elektromotorische Kraft der Molecüle grösser ist, eine lebhaftere Nervenunruhe und nachdrücklichere Wirkungen liefern.

§. 234. Eine kurze Ueberlegung zeigt, dass diese Vorstellung eine unwahrscheinliche Hilfshypothese nöthig macht. Jedes peripolare Nervenmolecül ist von zwei entgegengesetzt gerichteten Stromsystemen umflossen, von denen jedes vom mittleren positiven Aequatorialbezirke zu einer der beiden negativen Polgegenden läuft. Hätten beide die gleiche Stromstärke, so würde die Wirkung des erregenden Stromes Null sein, da seine Richtung nur mit der des einen Stromsystemes übereinstimmen kann und der des andern entgegengesetzt ist. Man müsste daher annehmen, dass die Intensitäten der beiden Stromsysteme, die jedes Molecül umkreisen, unter einander ungleich sind und daher der Erregungsstrom eine Wirkung erzeugt, die dem Ueberschusse der Anziehung über die Abstossung oder umgekehrt entspricht. Bestände eine solche Ungleichheit der Stromsysteme in

[1]) Siehe z. B. J. JAMIN, Cours de Physique. Tom. III. 1861. 8. p. 216.

symmetrischer Vertheilung, so liesse sich erwarten, dass die Verbindung eines Punktes der natürlichen Längsfläche mit dem eines künstlichen Querschnittes eines Nervencylinders einen stärkeren ruhenden Nervenstrom geben würde, als die desselben Punktes der Längsfläche und des entsprechenden Punktes des zweiten Querschnittes. Dieser Unterschied müsste um so grösser ausfallen, je lebenskräftiger der Nerv ist, weil der galvanische Strom nur nach Maassgabe desselben wirken kann und er in dem frischen Nerven nachdrücklicher durchgreift. Die Erfahrung deutet von diesem Allem Nichts, ja eher das Gegentheil an. Die Ausschläge der Galvanometernadel fallen in den beiden erwähnten Fällen um so ungleicher aus, je mehr der Nerv bei der Bereitung des Querschnittes in ungleichem Grade misshandelt worden. Die durchgreifendere Abtödtung des einen Querschnittsbezirkes im Vergleich zu der des andern, mithin der Gegensatz der Lebenskräftigkeit, führt solche Unterschiede herbei.

Es ist daher natürlicher, anzunehmen, dass die Intensitäten der beiderseitigen Stromzüge, die jedes Molecül oder jede Moleculargruppe vermöge der elektromotorischen Kräfte anhaltend umkreisen, unter einander gleich und die elektrodynamischen Wirkungen des erregenden Stromes aus diesem Grunde Null sind.

§. 235. Petrina[1]) glaubte schon die Muskelzusammenziehung durch eine Vorrichtung erklären zu können, deren Wirkung auf der gegenseitigen Anziehung gleichgerichteter Ströme beruht. Man rollt einen übersponnenen dünnen Kupferdrath spiralförmig ein und lässt durch ihn einen Strom gehen, damit er die entsprechende höhere Wärme annehme und die durch sie bedingte Ausdehnung erlange. Ist dieses geschehen, so hängt man ihn so über Quecksilber, dass das untere metallische Ende die Oberfläche des letzteren eben berührt. Er geht dann immer auf und nieder, weil die gleichgerichteten Ströme der benachbarten Spiralgänge einander anziehen. Das untere Metallende wird daher aus dem Quecksilber herausgehoben und der Strom unterbrochen. Die dann folgende Senkung führt eine neue Schliessung herbei. Aehnliche Beziehungen sollten zwischen den Nerven und den Muskelfasern obwalten.

§. 236. Die äusseren Bedingungen der physiologischen Wirkungen und der Funkenbildung gehen nicht selten parallel. Beide haben ihren günstigsten Boden, wenn sich starke Spannungen oder

---

[1]) Petrina in den Sitzungsberichten der Wiener Akademie. Bd. X. 1852. 8. S. 133. 134.

grosse Elektricitätsdichtigkeiten schnell ausgleichen, wie bei der Vereinigung der mit statischer Elektricität geladenen Conductoren, der raschen Abgleichung unipolarer Inductionsströme und während des Oeffnungsinductionsschlages. Fällt die Abgleichungscurve eines Stromes steiler aus, so besitzt er auch die Fähigkeit, mechanische Hindernisse der Halbleiter oder der sogenannten Nichtleiter eher zu durchbrechen, längere und lebhaftere Funken zu erzeugen und kräftigere Empfindungen und Bewegungen hervorzurufen. Alle diese Wirkungen sinken wiederum mit der Verlangsamung der Abgleichung. Der Schlag des Zitterrochens, den ein von einer kurzen Luftschicht unterbrochener Metallbogen und der menschliche Körper ableiten, gibt einen um so kräftigeren Funken, je stärker die Entladung des Thieres von den in dem Kreise eingeschalteten Nerven gespürt wird.

§. 237. Alle diese Aehnlichkeiten geben keine Grundlage für klare Hypothesen über die Mechanik der Nerventhätigkeit. Eine andere Gruppe von Wirkungen dagegen scheint einen sichereren Boden liefern zu können.

Stellt man einen mit der negativen Elektrode verbundenen Kupfercylinder in ein poröses Thongefäss, umgibt dieses mit einem mit der positiven Elektrode vereinigten Cylinder von Zink, der sich in einem Glasgefässe befindet und füllt das ganze System mit Wasser oder einer anderen Flüssigkeit, so wird eine um so grössere Menge des letzteren in den Thoncylinder in der Zeiteinheit hineingetrieben, je stärker der Strom ist. Diese und ähnliche Erscheinungen wurden unter dem unpassenden Namen der elektrischen Endosmose [1]) zusammengefasst. Man erklärt sie durch die Annahme einer treibenden oder kataphorischen Kraft des Stromes, welche die Molecüle in der Richtung des positiven Stromes, also von der positiven nach der negativen Elektrode in dem erwähnten Falle bewegt.

§. 238. Enthält eine Flüssigkeit schwebende Theilchen eines organischen oder unorganischen Körpers, so hängt es von der Beschaffenheit beider und bisweilen auch von der Form des Behälters ab, in welcher Richtung die Fortführung durch den elektrischen Strom Statt findet [2]). Die beiden möglichen Fälle treten hier unter Nebenbedingungen auf, die noch nicht genügend erforscht worden,

---

[1]) Wiedemann, Galvanismus. Bd. I. 1861. S. 376—384.

[2]) Siehe z. B. Wiedemann, Ebendaselbst. Bd. II. 1863. S. S. 1079. 1080 und 1084—1089.

§. 239. Berührten KÜHNE und DU BOIS einen verkürzungsfähigen Muskel mit den Platinelektroden einer starken Grove'schen Batterie, so zog er sich in dem Augenblicke des Schlusses zusammen und lieferte dann eine Erhebungswelle, die von der positiven nach der negativen Elektrode rasch fortschritt und zuletzt eine bleibende Anschwellung in der Nachbarschaft der letzteren hinterliess. Oeffnete man den Strom, so wich sie zurück. Sie ging bei der Umkehr desselben in der entgegengesetzten Richtung dahin. Der starke Strom führt hier zunächst die Muskelflüssigkeit in der Bahn der positiven Strömung weiter und zerlegt zugleich die Muskelmassen elektrolytisch und zwar zunächst in der Nachbarschaft der Elektroden. Ein ebenso behandelter Eiweisscylinder wird noch nach DU BOIS an der positiven Seite dünner und verdickt sich an der negativen. Man bemerkt zugleich, dass neue Leitungswiderstände, wie in porösen Körpern auftreten, ein äusserer an den Enden des Eiweisses, der sich an der Eintrittsstelle des positiven Stromes vorzugsweise geltend macht und von der Fortführung der Flüssigkeit und dem Austrocknen der Masse herzurühren scheint, und ein innerer, der das übrige Eiweiss betrifft. Dieser soll vielleicht durch die Abkühlung, welche die Verkleinerung der Stromstärke begleitet, erzeugt werden.

§. 240. Fliesst ein Strom durch eine Mischung ungleich guter Leiter zweiter Ordnung, so gehen die Fäden leichter durch den besseren Leiter und zerlegen ihn stärker, wenn eine merkliche Elektrolyse überhaupt zu Stande kommt. Die Beweglichkeit der Molecüle entscheidet aber, wo die treibende Kraft des Stromes nachdrücklicher wirkt. Man kann demgemäss vermuthen, dass der den Nerven erregende Strom die Ernährungsflüssigkeit mit stärkeren Stromfäden, als die an Fetten reiche Markmasse durchsetzt und jene zwar chemisch zerlegt, aber auch zugleich nach dem negativen Pole hinzuführen sucht. Ein Ortwechsel und bei kräftigeren Strömen eine merkliche Elektrolyse wird auch in dem Marke auftreten.

Da man die Ernährungsflüssigkeit des Nerven durch Wasser ersetzen kann, ohne dass die Empfänglichkeit desselben verloren geht, so folgt, dass nicht die Veränderung jener Durchtränkungsmasse, sondern die des Markes die Erregung herbeiführt. Man vermag sich vorzustellen, dass die Reizung zu Stande kommt, wenn die Markmolecüle ihre Stellungen mit einem ein gewisses Minimum überschreitenden Grade der Geschwindigkeit wechseln. Die Stromtheile, welche die Markmasse durchsetzen, suchen die negativen

Bestandtheile derselben gegen die positive und die positiven gegen die negative Elektrode zu wenden (§. 177.). Es ist auf diese Art das Bestreben vorhanden, eine säulenartige Polarisation herzustellen, wie sie sich auch durch den Elektrotonus bei längerer Stromesdauer sichtlich zeigt. Die chemische Zersetzung fehlt wahrscheinlich nie. Sie verräth sich aber erst für unsere stumpfen Erkennungsmittel bei einer gewissen Stärke des Eingriffes. Die mit der Mischung des Nerven wechselnde Kraftgrösse der ursprünglichen Molecularanordnung des Markes bestimmt den Widerstand, der sich der Triebkraft und der elektrolytischen Veränderung entgegensetzt. Die gleiche Stromstärke kann demgemäss verschiedene Wirkungsgrössen herbeiführen.

Die Elektrolyse liefert zweierlei Arten von Zersetzungsproducten, die elektronegativen Säuren an der Berührungsstelle der positiven und die elektropositiven Alkalien an der der negativen Elektrode. Wir werden später sehen, dass vielleicht diese alkalischen Erzeugnisse die höhere Empfänglichkeit in der Umgebung des negativen Poles, den sogenannten Katelektrotonus in geschwächten oder misshandelten, lebenden oder absterbenden Nerven bedingen, wenn stärkere Ströme längere Zeit durchfliessen. Wäre dieses auch bei kurzen Reizungen durch Ströme jeder beliebigen Intensität der Fall, so würde die Erregung vorzugsweise von dem negativen Pole ausgehen, wie dieses auch schon Bezold aus seinen Untersuchungen über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Nervenerregung geschlossen hat.

§. 241. Diese Auffassungsweise, welche die Wirkung eines galvanischen Stromes auf eine Stellungsänderung der Molecüle zurückführt, gewährt den Vortheil, dass dann die elektrische Erregung ähnlich eingreift, wie die mechanische, welche die Molecüle unmittelbar verschiebt, die thermische, die deren Lage durch die Ausdehnung oder die Zusammenziehung der Masse ändert, und die chemische, welche ihre Ortsverhältnisse durch chemische Anziehungen wechseln lässt. Man kann dann auch einsehen, wie ein mechanischer oder ein thermischer Reiz den abgestorbenen Nerven schon in Ruhe lässt, wenn er noch einen elektrischen oder einen chemischen mit merklichen Wirkungen erwidert, wie endlich jede Nerventhätigkeit mit einer bald nachweisbaren, bald dagegen für unsere groben Hilfsmittel unkenntlichen chemischen Zerlegung verbunden ist.

§. 242. Da das Zuckungsgesetz des lebenden Nerven nur eine Schliessungs- und keine Oeffnungszuckung bei jeder der beiden möglichen Richtungen eines nicht starken Stromes gibt, so kann keinesfalls die Lage des negativen Poles (§. 240.) den Aus-

schlag bestimmen. Dieses war aber in einem Versuche von CHAUVEAU der Fall, wenn nicht die Nebenverhältnisse das Ergebniss herbeiführten. Jener Forscher legte die positive Elektrode einer schwachen Daniell'schen Batterie an die Gegend des Stammes des rechten Antlitznerven eines lebenden Pferdes und die negative an die des linken. Nur die Gesichtsmuskeln der linken Seite verfielen in Zuckungen.

Die Schliessungswirkung des lebenden Nerven rührt davon her, dass die stetige mit der nöthigen Geschwindigkeit vor sich gehende Anschwellung der den Nervenabschnitt durchsetzten Stromdichtigkeit eine Bewegung der Nervenmolecüle erzeugt. Der Mangel des Oeffnungserfolges dagegen kann nur mit Zuziehung einer Hilfshypothese erklärt werden.

§. 243. Es lässt sich zunächst beweisen, dass der Elektrotonus bis zur Oeffnung der Kette fortdauert, wenn selbst die Oeffnungszuckung ausbleibt.

Man bereitet sich aus einem unmittelbar vorher enthaupteten Frosche ein Präparat, das aus dem einen unversehrten Hinterbeine, einem Stücke der entsprechenden Beckenhälfte und dem Hüftgeflechte derselben Seite besteht. Die Nerven werden mit möglichster Sorgfalt geschont. Zwei amalgamirte Elektrodennadeln kommen in den Oberschenkel längs des Verlaufes des Hüftnerven. Man schaltet einen Rheostaten und einen Stromwender in den galvanischen Kreis ein, damit man die Stromstärke die nur Schliessungs- und die, welche ausserdem noch Oeffnungszuckungen gibt, wählen und beide Stromesrichtungen gebrauchen könne. Der Kreis wird später durch einen an einem Uhrwerke (Fig. 8. S. 86.) angebrachten Quecksilbertropfen geschlossen [1]). Die Längsflächen und die Querschnitte der drei grösseren Stämme des Hüftgeflechtes (N. inguinalis, N. cruralis und N. ischiadicus) kommen auf die Bäusche der unpolarisirbaren Zuleitungsvorrichtung eines Galvanometers, dessen Nadel so spielt, dass dieselbe durch den ruhenden Nervenstrom der genannten Stämme an die Hemmung geführt wird und zuletzt zwischen 40 und 60 Grad stehen bleibt.

Die Kette wird hierauf durch das Uhrwerk geschlossen und dieses gesperrt, damit der Schluss anhalte. Die Galvanometernadel zeigt die entsprechend positive oder negative Phase des Elektrotonus z. B. mit einer dauernden Stellungsveränderung von 10° oder 20° an. Ist sie aus dieser Lage noch nicht um einen Grad abgewichen und

---

1) Siehe die Zuckungsgesetze des lebenden Nerven. S. 1 fgg.

hat man die dem Falle entsprechende Stromstärke am Rheostaten getroffen, so liefert die durch das freigegebene Uhrwerk bedingte Oeffnung der Kette keine Oeffnungszuckung, obgleich die zurückkehrende Multiplicatornadel das schnelle Aufhören des Elektrotonus anzeigt.

Man kann auch den umgekehrten Fall bemerken. Wurde die Stromstärke mittelst des Rheostaten so sehr erhöht, dass doppelte Wirkungen zum Vorschein kommen und liess man die Kette geschlossen, bis der durch den Elektrotonus bedingte Stellungsunterschied von 10° oder 20° auf 4° und selbst auf 2° heruntergegangen, so kann dessenungeachtet eine Oeffnungswirkung zum Vorschein kommen.

Diese Thatsachen lehren, dass die Zuckung bei dem Unterbrechen des Kreises zu fehlen, dass das reine Zuckungsgesetz des lebenden Nerven aufzutreten vermag, wenn sich auch ein verhältnissmässig starker Elektrotonus fallend abgleicht. Umgekehrt tritt noch möglicherweise eine Oeffnungszuckung auf, wenn schon der Elektrotonus vor seiner endlichen Abgleichung beträchtlich gesunken ist. Mit einem Worte, die Lebenswirkungen und die Zeichen am Galvanometer können hier völlig aus einander gehen.

§. 244. Das Aufhören des Elektrotonus wirkt auch als Erregungsmittel eines fremden Nerven schwächer, als der Beginn desselben. Legt man den Nerven eines zweiten Froschpräparates auf die Muskelmasse eines ersten und reizt den Nerven des letzteren, so ziehen sich die Muskeln beider Präparate zusammen, weil die Schwankung des Stromes der sich verkürzenden Muskelmasse des ersten wie eine Abgleichung auf den mit ihr leitend verbundenen Nerven des zweiten wirkt und dieser daher eine secundäre Zuckung hervorruft. Bringt man zwei Strecken der isolirten Nervenstämme zweier Froschpräparate dicht neben oder über einander und regt den einen oberhalb oder unterhalb der Berührungsstelle an, so ziehen sich ebenfalls die Muskeln beider unter günstigen Nebenbedingungen und ohne den täuschenden Einfluss von Stromesschleifen zusammen. Die Ursache dieser secundären Zuckung vom Nerven aus liegt nach du Bois[1]) in dem Beginn und dem Aufhören des Elektrotonus, nicht aber in der Wirkung der negativen Stromesschwankung. Der sich unter dem Einflusse des durchgehenden Stromes in dem Sinne desselben polarisirende Nervenabschnitt wirkt

---

[1]) du Bois, Untersuchungen. Bd. II. S. 532.

wie eine Kette auf das benachbarte fremde Nervenstück, mit dem es überall leitend verbunden ist.

Man legt das Hüftgeflecht eines enthirnten Frosches bloss, durchschneidet die Verbindungsfäden desselben mit dem sympathischen Nerven, und macht es überhaupt so weit frei, dass man ein dünnes Blatt von Guttapercha unter dasselbe schieben kann, um der Isolation vollkommen sicher zu sein. Die eine der amalgamirten Elektrodennadeln kommt seitlich neben den vierten und die zweite neben den sechsten Wirbel. Der galvanische Kreis enthält wiederum einen Stromwender, einen Rheostaten und das Uhrwerk, das ihn erst durch den Quecksilbertropfen schliesst. Man legt endlich das Hüftgeflecht eines sehr reizbaren Froschpräparates der Länge nach neben oder auf das Hüftgeflecht des ganzen Frosches und das Uebrige auf das Guttaperchablatt.

Richtet man die Stromstärke so ein, dass die Reizung des Rückenmarkes eine Schliessungs- und eine Oeffnungszuckung gibt, so zeigt sich auch oft eine secundäre Zuckung vom Nerven aus in beiden Fällen. Hat aber das Froschpräparat an Empfindlichkeit verloren oder ist der Strom durch den Rheostaten hinreichend geschwächt worden, so tritt die secundäre Zuckung nur bei dem Schlusse und nicht bei der Oeffnung ein, wenn sich auch bei dieser die Muskeln des ganzen Frosches stärker oder schwächer zusammenziehen. Der Versuch lässt sich eine Reihe von Malen mit demselben Erfolge wiederholen. Man kann später den Fall haben, dass der absteigende Strom eine secundäre Zuckung bei dem Schliessen und nicht bei dem Oeffnen, der aufsteigende dagegen sie in keinem Falle liefert, wenn auch beide Stromesrichtungen noch doppelte Wirkungen in dem ganzen Frosche herbeiführen.

Ein gegenseitiger Einfluss findet in diesem Versuche Statt. Das polarisirte Nervenstück des ganzen Frosches wirkt polarisirend auf das benachbarte des Froschpräparates. Hört aber in diesem der Elektrotonus auf, so wirkt seine Abgleichung auf den Nerven des ganzen Frosches ebenfalls zurück.

§. 245. Ich stiess hin und wieder auf eine Erscheinung, die der Hauptnorm widersprach. Die Oeffnungszuckung fehlte in dem Hinterbeine des ganzen Thieres, nicht aber in dem des Froschpräparates. Der Nerv des letzteren war dann vermuthlich durch die Misshandlung von dem Querschnitte aus reizbarer und so gestimmt worden, dass er die Oeffnungszuckung bei aufsteigendem Strome eher, als die Schliessungszusammenziehung gab. Eine

passende Stärke der fallenden Abgleichung konnte ihn unter diesen Verhältnissen zur Erregung von Zusammenziehungen bestimmen, wenn selbst eine grössere den ganzen Frosch, der nach dem Zuckungsgesetze des lebenden Nerven antwortete, folglich die Oeffnungszuckung nicht begünstigte, in Ruhe liess.

§. 246. Die eben betrachteten Erscheinungen gestatten nicht die Deutung, die man einzelnen Vergiftungswirkungen gegeben hat. Während nämlich das Curare die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Nervenerregung nach BEZOLD in hohem Grade herabsetzt, ist dieses mit den elektromotorischen Eigenschaften nach FUNKE nicht der Fall. Der gegen die kräftigsten Schläge unempfindliche Nerv eines mit Curare vergifteten Frosches zeigt einen eben so starken Nervenstrom und Elektrotonus, ja sogar eine noch grössere negative Schwankung, als der gesunde Nerv. FUNKE suchte dieses dadurch zu erklären, dass das Gift die Zwischenvorrichtungen, durch welche die Uebersetzung der Nervenerregung in Muskelverkürzung zu Stande kommt, lähmt. Diese später näher zu betrachtende Auffassung kann natürlich keine Anwendung auf die oben erläuterten Fälle des gesunden Thieres finden.

§. 247. Man muss zunächst die Unabhängigkeit des Auftretens oder des Mangels der Oeffnungszuckung von der Abgleichung eines stärkeren oder schwächeren Elektrotonus zu erklären suchen. Die Zeitverhältnisse sind das Erste, an das man denken kann. Sänke der Elektrotonus so langsam, dass die Abgleichungsgeschwindigkeit nur eine verborgene Nervenwirkung erzeugt, so würde sich der Mangel der Oeffnungszuckung und das gleichzeitige Zurückweichen der Galvanometernadel erklären. Man könnte sich noch darauf berufen, dass der sinkende Theil der Curven der Muskelverkürzung und der Inductionsströme ebenfalls langgezogener, als der steigende zu erscheinen pflegt, wenn die Abscissen den Zeiten entsprechen. Mag aber auch der elektrotonische Zustand langsamer schwinden, als er entstanden war, so ist doch schwer zu glauben, dass er in allen Fällen eine so geringe Schnelligkeit hat, dass die Verkürzung deswegen ausbleibt. Die schwächeren und die misshandelten Nerven geben eher eine Oeffnungszuckung, als die lebenskräftigeren. Jene müssten daher eine langsamere Abgleichung nachdrücklicher beantworten, als diese, eine Annahme, die der Wahrheit nicht entspricht.

§. 248. Suchen wir eine andere scheinbar befriedigende Erklärungsweise. Wir werden am Schlusse sehen, dass auch sie einer

wesentlichen Schwierigkeit begegnet, die sich nur durch eine nicht beweisbare Nebenannahme beseitigen lässt.

Die Eigenschaften des Nervenstromes gestatten eine unendliche Zahl von Molecularhypothesen, die nur zwei Forderungen zu genügen haben. Die Summe der positiven Elemente der elektromotorischen Molecüle oder Moleculargruppen muss ein Ueberwiegen der Positivität der Längsfläche des Nerven über der der Querschnitte erzeugen, dieser elektrische Gegensatz aber während der Thätigkeit abnehmen. Das Letztere geschähe am einfachsten, wenn sich die mit positiven und negativen Bezirken versehenen Molecüle um ihre einzelnen Schwerpunkte oder ganze Moleculargruppen um ihren gemeinschaftlichen Schwerpunkt drehen, wie schon §. 232. erwähnt worden. Da die negative Schwankung bei den nicht elektrischen Erregungen schwächer ausfällt, als bei den elektrischen, so folgt, dass die polarisirende Wirkung des Stromes eine stärkere Drehung um die Schwerpunkte zur Folge hat. Die letztere kann aber nicht bloss die negative Schwankung, sondern auch den Elektrotonus herbeiführen. Mit einem Worte, diejenigen Eigenschaften, welche das Galvanometer verräth, der ruhende Nervenstrom und die Bewegungserscheinungen desselben lassen sich als blosse Folgewirkungen der ursprünglichen Anordnung der elektromotorischen Molecüle und einer geringen Drehung derselben um ihre Schwerpunkte bei nicht elektrischen Erregungen und der durch die elektrolytische Kraft des Stromes vergrösserten Drehung bei elektrischer Reizung möglicher Weise ansehen.

Der galvanische Strom kann überdiess vermöge seiner Triebkraft auf den Nerven wirken und auch Ortsveränderungen der Schwerpunkte der Molecüle herbeiführen. Bewegen sie sich dann nicht in Richtungen, die der polarisirenden Wirkung des Stromes entsprechen, so wird diese eine weitere Drehung um den Schwerpunkt zu bewirken suchen. Jene Ortsveränderung aber lässt die gegenseitigen Entfernungen der Molecüle wechseln und macht daher elastische Anziehungs- und Abstossungskräfte frei, die ihre Nachbarmolecüle ebenfalls in Unruhe versetzen. Sie kann desshalb als ein wesentliches Glied der Fortpflanzung und des endlichen Durchschlagens der Erregung in Bewegung oder Empfindung angesehen werden.

Dieser Gedankengang hat den Vortheil, dass er die am Galvanometer kenntlichen Veränderungen und die molecularen Erregungsvorgänge bis zu einem gewissen Grade aus einander hält. Es ist

unter diesen Verhältnissen möglich, dass die Magnetnadel in vielen Fällen gar nicht und in anderen nur unvollkommen anzeigt, in welchem Grade Ortsverrückungen der Molecüle oder die die Lebenserscheinungen bedingenden Bewegungen eingreifen.

§. 249. Man kann sich, wie es auf den ersten Blick scheint, vorstellen, dass die Theilchen durch die lebendige Triebkraft gestossen ihre Plätze rasch wechseln und so die Schliessungszuckung herbeiführen. Die einmal erlangte Geschwindigkeit wird sie selbst über die Lage, welche der beständigen Triebkraft des Stromes entspricht, hinausführen. Da die letztere wegen des inneren Widerstandes des als eine poröse Masse anzusehenden Nerven sinkt, so werden die Molecüle gegen ihre frühere Gleichgewichtslage zurückweichen, immer aber dabei, wenn nöthig, durch die polarisirende Kraft des Stromes so gedreht werden, dass die Veränderung in den Galvanometerversuchen verdeckt bleibt. Ist endlich die bei der Oeffnung noch mögliche Ortsverrückung der Molecüle zu klein, so wird die Oeffnungszuckung fehlen, wenn auch das Galvanometer die Abgleichung eines starken Elektrotonus anzeigt.

Die dieser Vorstellung entgegenstehenden Schwierigkeiten liegen in der Fortdauer der Triebkraft während des Geschlossenseins der Kette. Bliebe diese eben so gross, als sie in dem letzten Augenblicke des Kettenschlusses war, so könnten die Molecüle, wenn sich die Elasticitätskräfte nicht ändern, nur so weit zurückweichen, als sie mittelst ihrer erlangten Geschwindigkeit zuletzt vorangeeilt waren. Der innere Leitungswiderstand des porösen Nerven wird zwar die Stromstärke herabsetzen und so einen ferneren elastischen Rückgang möglich machen. Man darf aber nicht vergessen, dass die Stromesintensität bei manchen Batterieen und selbst der constantesten, der Daniell'schen zuerst wächst und dann abnimmt, wenn selbst der Nerv oder der Oberschenkel des Frosches einen Abschnitt des galvanischen Kreises bildet [1]). Bedenkt man ferner, dass die Oeffnungs-

[1]) Die Zuckungsgesetze des lebenden Nerven und Muskels S. 10. 11. Ich habe noch seit Veröffentlichung dieser Beobachtungen eine Meidinger'sche Kette in Bezug auf ihre Constanz mit einer Boussole geprüft, die von 15 Drathwindungen umgeben war. Die Abweichung, die ein Element erzeugte, sank von 60° auf 50° in den ersten 24 Stunden, erhielt sich in den folgenden 8 Tagen zwischen 48° und 50° bald auf- und bald niedergehend, ohne dass der Temperaturwechsel allein die Schwankungen erklärte. Es gab in den folgenden 4 Tagen Zeiten, in denen die Ablenkung bis auf 54° stieg. Man sieht, dass die Meidinger'sche Kette einen im Ganzen genommen verhältnissmässig geringen Intensitätswechsel darbietet. Allein eine völlige Constanz liefert sie natürlich ebenfalls nicht. Will

zuckung schon nach sehr kurzer Schlussdauer ausbleibt, so müsste jenes Zurückschnellen der Molecüle unmittelbar nach dem Ende der Schliessung und äusserst rasch eintreten, eine Forderung, deren bedingende Ursachen sich nach unseren gegenwärtigen Kenntnissen nicht sicher angeben lassen. Nimmt man aber an, dass die Triebkraft des Stromes für sehr kleine Schliessungszeiten beständig bleibt, so würde dann die elastische Rückwirkung grösser, als die sie wach rufende Wirkung ausfallen. Es müssten also die elastischen Kräfte mit der Grösse und der Geschwindigkeit der Ortsverrückung wachsen.

§. 250. Die letztere Annahme ist vielleicht nicht so unmöglich, als es auf den ersten Blick erscheint. Man kann für sie zwei Analogieen aus der mathematischen Physik anführen.

Sie kommt im Wesentlichen darauf hinaus, dass das Nervenmark beträchtlichere elastische Kräfte während der Bewegung, als in der Gleichgewichtsruhe seiner Theilchen entwickelt, dass die dynamische Elasticität grösser als die statische ist. BILLET[1]) greift zu einem Unterschiede dieser beiden Elasticitätsarten des Aethers, um eine der Hauptschwächen der Grundannahmen von Fresnel's Theorie der Doppelbrechung zu beseitigen.

W. WEBER baut seine mathematische Erklärung der Inductionserscheinungen auf einer Grundlage auf, die ihr Analogon auch im Nerven haben könnte. Die statische Wechselwirkung zweier einander paralleler elektrischen Theilchen kann durch das Product der beiderseitigen Stromstärken und der Längen der zwei Stromelemente getheilt durch das Quadrat ihrer gegenseitigen Entfernung ausgedrückt werden. Dieses genügt nicht mehr für die in Bewegung begriffene Elektricität, da hier noch die relativen Bewegungszustände in Betracht kommen. WEBER fügt daher zwei Glieder für diesen Fall hinzu, eines, welches das Quadrat des ersten und ein zweites, welches die erste Potenz des zweiten Differentialcoëfficienten der auf die Zeit bezogenen Entfernung enthält. Der erste Differentialcoëfficient entspricht nach den Lehren der Mechanik der Geschwindigkeit und der zweite der Beschleunigung der relativen Bewegung der Theilchen.

---

man sie physiologisch benutzen, so wird man nach dem Obigen zweckmässig verfahren, wenn man sie 24 Stunden vor dem Gebrauche aufbaut.

[1]) BILLET, Traité d'Optique physique. Tome II. Paris 1859. 8. p. 536. 537.

§. 251. Die steigende Abgleichung der Schliessung treibt das Molecül mit einer gewissen Geschwindigkeit und Beschleunigung aus seiner Ruhelage. Man kann sich vorstellen, dass hierdurch das elastische Streben in diese zurückzukehren in einem mit der Entfernung, der Geschwindigkeit und der Beschleunigung wachsenden Grade zunimmt. Ist die Triebkraft des verhältnissmässig starken Stromes so gross, dass sie von dem Wachsthume der elastischen Kräfte nicht überwunden wird, so findet das vollständige Zurückspringen erst im Augenblicke der Oeffnung Statt, so dass eine Oeffnungswirkung zum Vorschein kommt. Der Unterschied der beiden entgegengesetzten Einflüsse kann aber für die elastischen Kräfte bei schwächeren Stromeswirkungen positiv ausfallen. Es wird dann von der Grösse desselben abhängen, wie weit die Molecüle unmittelbar nach dem Schlusse zurückgehen und welche Grösse der Bewegung noch für die Oeffnung übrig bleibt. Die letztere wird bestimmen, ob eine Oeffnungszuckung oder eine nur verborgene Nervenerregung auftritt. Das Galvanometer aber kann die blossen Wirkungen der Drehungen der Molecüle in allen diesen Fällen anzeigen.

§. 252. Die durch die Ortsverrückungen frei gemachten elastischen Kräfte fallen wahrscheinlich um so grösser aus, je lebenskräftiger der Nerv ist. Die Erfahrung spricht für diese Annahme. Arbeitet man an lebenden, unversehrten oder enthirnten Fröschen, so überzeugt man sich bald, dass das Ausbleiben oder der Eintritt der Oeffnungszuckung von der Lebenskräftigkeit des Nerven wesentlich abhängt. Man findet bisweilen kleine und häufiger grosse Thiere, welche die rasch abgeglichenen Schläge der stärksten Batterieen nicht bloss das erste Mal, sondern eine Reihe von Malen mit blossen Schliessungszuckungen beantworten, wenn selbst die Elektroden heiss werden und die ihnen benachbarten thierischen Theile wie kochendes Wasser Blasen treiben. Es zeigt sich anderseits, dass nicht bloss kleine, sondern auch grosse Frösche, die von bedeutendstem Umfange nicht ausgenommen, die Schliessungs- und die Oeffnungszuckungen schon bei verhältnissmässig geringen Stromstärken liefern. Man sieht daher, dass nicht die Grösse und die scheinbare Munterkeit des Thieres den Werth der Lebenskräftigkeit der Nerven bestimmen. Man kann sich zugleich die Unterschiede daraus erklären, dass die aus ihrem Orte verrückten Molecüle des leistungsfähigeren Nerven rascher in ihre frühere Lage zurückkehren, weil ihre elastischen Kräfte mit den Verschiebungen beträchtlicher zunehmen.

§. 253. Dieselbe mittlere Abgleichungsgeschwindigkeit, die früher die einseitige Wirkung des Zuckungsgesetzes des lebenden Nerven hervorrief, führt oft später zu doppelten Erfolgen, zu Schliessungs- und Oeffnungszuckungen für einen oder beide Stromesrichtungen. Man wird hieraus entnehmen, dass die mit der wiederholten Reizung verbundene hin- und zurückgehende Molecularbewegung die Gleichgewichtslage der Theilchen so veränderte, dass sich die in dem erläuterten Sinne genommene Elasticitätsgrösse der Markmasse verkleinert hat. Der Strom führt daher zu Ortsveränderungen der Schwerpunkte, die sich rasch genug bei der Oeffnung abgleichen, um mehr als eine bloss latente Nervenreizung hervorzurufen. Das Ganze erinnert an die Abnahme des Festigkeits- und Elasticitätsmoduls von Dräthen, durch welche elektrische Ströme längere Zeit geflossen sind.

§. 254. Lässt man den Frosch ausruhen, so kehrt oft das Zuckungsgesetz des lebenden Nerven für dieselbe mittlere Abgleichungsgeschwindigkeit wieder. Hält man den eben erläuterten Gesichtspunkt fest, so kann man diese, wie jede andere durch eine Zwischenzeit der Ruhe hervorgerufene Erholung mit der elastischen Nachwirkung vergleichen. Die öfters wirkende Triebkraft des Stromes hat eine vorläufige Gleichgewichtslage der Molecüle hinterlassen, die nicht mehr der ursprünglichen entspricht. Die Grenzen der vollkommenen Elasticität sind auf diese Weise überschritten worden. Eine kleinere Elasticitätsgrösse blieb dabei zurück. Die Zeit gleicht aber diesen Unterschied aus, wie dieses auch während der elastischen Nachwirkung eines der Länge nach gedehnten oder gedrehten und dann freigegebenen Seidenfadens der Fall ist. Wie bei diesem, so läuft auch wahrscheinlich im Nerven die Rückkehr zu dem früheren Zustande an und für sich mit der Zeit asymptotisch ab, so dass eine absolut vollständige Erholung (ohne die Nebenwirkung des Blutlaufes) nicht möglich ist und die Reizung den scheinbar ganz erholten Nerven leichter als den ursprünglich unveränderten ermüdet, weil sich jener immer noch nicht in der Wirklichkeit vollkommen erholt hat.

Da ein Drath, dessen Elasticitätsmodul in Folge des Durchtritts eines elektrischen Stromes abgenommen hat, seinen ursprünglichen Elasticitätscoëfficienten in der Folgezeit wiedergewinnen kann [1]), so ergibt sich auch hier die Aehnlichkeit mit dem Nerven ohne weiteres.

[1]) Wiedemann, Galvanismus. Bd. I. 1861. S. 672. 73.

§. 255. Lässt man starke Ströme auf nicht sehr kräftige lebende Nerven wirken, so erhält man diejenige Art von einseitigen, mit der Stromesrichtung wechselnden Wirkungen, die in den misshandelten Nerven der gewöhnlichen galvanischen Froschpräparate bei nicht zu grossen Abgleichungsgeschwindigkeiten aufzutreten pflegen. Der absteigende Strom liefert dann nur eine Schliessungs- und der aufsteigende eine blosse Oeffnungszuckung. Da der Nerv eines solchen Froschpräparates den gewöhnlichen Nervenstrom, die negative Schwankung desselben und die beiden Phasen des regelrechten Elektrotonus ebenso gut zeigt, als der eines ähnlichen aus dem Kaninchen oder dem erstarrten Murmelthiere bereiteten Präparates, das nach dem reinen Zuckungsgesetze des lebenden Nerven und Muskels antwortet, so haben sich diejenigen Beziehungen der Molecularanordnung in beiden Fällen erhalten, welche über die Richtungsresultanten der elektromotorischen Wirkungen entscheiden. Führen aber dessenungeachtet die verschiedenen Richtungen des erregenden elektrischen Stromes zu entgegengesetzten Antworten, so muss die Massenveränderung des Markes, die durch die Misshandlung eintrat, Folgen nach sich gezogen haben, welche die Lebensthätigkeiten nachdrücklicher, als die am Galvanometer kenntlichen Erscheinungen bestimmen. Man wird daher auch hier beiderlei Arten von Erfolgen zu unterscheiden genöthigt. Die Grundsätze, die uns bisher geleitet, können eine hypothetische Vorstellung an die Hand geben, welche die verschiedenen Wirkungen des auf- oder absteigenden Stromes in mechanische Anschauungen kleidet.

§. 256. Alle §. 248. erwähnten Forderungen, welche die Erklärung der galvanometrischen Erscheinungen stellt, lassen sich bei den verschiedensten Gestalten der Molecüle oder der Moleculargruppen erfüllen. Diese können dagegen einen merklichen Einfluss auf die Erfolge der Triebkraft des erregenden Stromes gewinnen. Die allseitig symmetrischeste Form, die der Kugel, wird der Fortbewegung ihrer gleichartig gedachten Masse denselben Widerstand nach allen Richtungen hin entgegensetzen. Es ist also für sie gleichgültig, woher die Triebkraft kömmt, ob sie auf- oder absteigend dahingeht. Schreibt man eine kugelige Gestalt den Molecülen des lebensfrischen Nerven zu, so wird jede Stromesrichtung ihre Schliessungszuckung und nach dem früher Erläuterten nur diese hervorrufen. An den beiden Enden asymmetrische Gestalten, wie z. B. unter den geometrischen Formen das Tetraëder, die Pyramide, der Kegel und manche Arten der Ellipsoide setzen ungleiche Widerstände nach

verschiedenen Seiten entgegen. Denkt man sich nun, dass die Misshandlung des Nerven asymmetrische Gestalten der Molecüle oder der Moleculargruppen erzeugt, die einen geringeren Widerstand einem absteigenden, als einem aufsteigenden Strome darbieten, so wird eine schwache Triebkraft desselben eine Schliessungszuckung bei absteigendem Strome leichter, als bei aufsteigendem hervorrufen. Bricht der letztere ein, ohne eine Ortsbewegung der Schwerpunkte der Molecüle zu erzeugen, so stösst er noch immer während der Dauer des Geschlossenseins und bringt das an der ungünstigen Seite angegriffene Molecül allmählich d. h. mit einer für eine merkliche Wirkung zu geringen Geschwindigkeit aus seiner Lage, so dass es endlich bei der Oeffnung rasch zurückspringen und Bewegung erzeugen kann. Man sieht zugleich, dass die elastischen Kräfte des misshandelten Nerven nach dieser Vorstellungsweise kleiner sein müssen, als die des lebenskräftigen, was mit den früher erläuterten Anschauungen übereinstimmt. Es erklärt sich ferner, wesshalb stärkere Abgleichungen aufsteigender Ströme Schliessungs- und Oeffnungszuckungen darbieten, wesshalb bei dem Absterben des Nerven die Schliessungszuckung des absteigenden Stromes kräftiger auszufallen und sich längere Zeit nach dem Tode zu erhalten pflegt, als die Oeffnungswirkung des aufsteigenden.

§. 257. Die eben betrachtete Norm, die in den Froschpräparaten als Regel auftritt, würde zu dem Schlusse führen, dass die Fläche des geringeren Widerstandes der Nervenmolecüle oder Moleculargruppen gegen das centrale Nervensystem und die des grösseren gegen die Peripherie gerichtet ist. Man findet aber die entgegengesetzten Wirkungen in erstarrten Fröschen und bisweilen in blossgelegten Nerven von Säugethieren. Der aufsteigende Strom gibt hier die Schliessungs- und der absteigende die Oeffnungszuckung. Die Flächenvertheilung wäre also hier entgegengesetzt zu denken. Die Seite des geringeren Widerstandes würde hier nach der Peripherie sehen.

§. 258. Kühlt man ein Froschpräparat, das nach der ersten Norm reagirt, allmählich bis zur Nähe des Gefrierpunktes oder noch weiter ab, so ereignet es sich nicht selten, dass es die Wirkungsweise der zweiten Norm darbietet, ehe zuletzt alle Zuckungen ausbleiben. Stellt man seine Kräfte durch vorsichtiges Erwärmen her, so geht seine Thätigkeit zuerst nach der zweiten und erst später nach der ersten Norm vor sich. Die durch die Abkühlung eingeleitete Verdichtung würde hiernach die Gestalten der Molecüle und

der Moleculargruppen. so ändern, dass die Fläche des geringsten Widerstandes von der Hirnseite nach der Muskelseite hinüberwanderte, ehe die allzugrosse Abnahme der elastischen Kräfte jede wirkungsvolle Erregung unmöglich macht. Fände jener Uebergang stetig Statt, so müsste es einen Indifferenzpunkt geben, bei dem die auf- und die absteigende Stromesrichtung gleich wirken. Es ist noch nicht gelungen, einen solchen in der Erfahrung mit Sicherheit nachzuweisen. Eine jede ungleichzeitige Formveränderung der Molecüle oder Moleculargruppen würde ihn nicht auftreten lassen.

§. 259. Die Einflüsse, die der Elektrotonus auf die Empfänglichkeit der verschiedenen Nervenbezirke ausübt, führen zu eigenthümlichen Folgerungen.

Fig. 9.



ab Fig. 9. sei ein Nerv, und zwar *a* sein nach dem Gehirn oder Rückenmark gerichteter oder sein centraler, und *b* sein peripherischer Querschnitt. Ein elektrischer Strom durchsetzt anhaltend die Strecke *cd*, so dass sich desshalb ein mit der Entfernung von dem erregten Bezirke *ced* abnehmender elektromotorischer Zustand in den beiden abgeleiteten Strecken, *ac* und *bd* am Galvanometer verrathen würde (§. 138.). Die ganze Länge des Nervenstückes *ab* ist also dann in dem Sinne der Richtung des erregenden Stromes polarisirt. Eine nähere Prüfung der Reizbarkeitsverhältnisse durch elektrische Ströme oder durch aufgestreutes Kochsalz lehrt nun, dass die in Elektrotonús versetzten Bezirke andere Empfänglichkeitsgrade, als gewöhnlich darbieten. Diese Eigenthümlichkeit verliert sich rasch, so wie die Durchleitung des Stromes aufhört. Man erhält dann die ursprünglichen Beziehungen wieder, wenn indess die Elektrolyse in keiner störenden Weise eingegriffen hat.

§. 260. Pflüger, der die ausgedehntesten Untersuchungen über diese Erscheinungen an Froschpräparaten anstellte, führte hierbei Ausdrücke in die Wissenschaft ein, die von der Bezeichnungsweise von Faraday ausgehen. Dieser nennt nämlich den positiven Pol eines galvanischen Elementes die Anode und den negativen die Katode. Pflüger bezeichnet demgemäss den Empfänglichkeitszustand der Nervenstrecken, welche dem positiven Pole näher liegen, also den von *ce* oder *ac* Fig. 9. mit dem Namen des Anelektrotonus und den der Bezirke in der Nachbarschaft des negativen Poles, den von *de* oder *db* mit dem des Katelektrotonus. Jeder

von beiden ist intrapolar, wenn er sich auf Orte zwischen den Berührungspunkten der Elektroden *c* und *d* bezieht und extrapolar, wenn er Stellen ausserhalb derselben entspricht. Man hat also den intrapolaren Anelektrotonus für *ce*, den intrapolaren Katelektrotonus für *de*. Sie stossen in dem Indifferenzpunkte *e* zusammen. Der Bezirk *ca* bietet den extrapolaren Anelektrotonus und *db* den extrapolaren Katelektrotonus dar. Man sieht, dass die beiden letzteren den Orten der zwei entgegengesetzten Phasen des Elektrotonus der abgeleiteten Strecken entsprechen (§. 138.).

§. 261. Die hier auftretenden Erscheinungen bestätigen von neuem, dass die misshandelten Nerven der Froschpräparate andere Wirkungen darzubieten pflegen, als der lebende Nerv auf der grössten Höhe seiner Lebensthätigkeit. Man kann alle vier möglichen Hauptcombinationen der Wirkungen je nach der Massenbeschaffenheit der Markmasse erhalten. Da hier eine kräftige Batterie längere Zeit einzuwirken pflegt, mithin die reichlichste Gelegenheit zur Erzeugung elektrolytischer Producte gegeben ist, so kommen die dem höchsten Grade der Leistungsfähigkeit entsprechenden Wirkungen am seltensten vor.

§. 262. Arbeitet man mit jener Art gestählter Nerven, die das reine Zuckungsgesetz des lebenden Nerven auch für die stärksten Ströme gibt, so findet man, dass der beständige Strom die Empfänglichkeit nach beiden Seiten hin erhöht. Sie wächst für den intrapolaren und den extrapolaren An- und Katelektrotonus. Die grösste Hubhöhe der Muskelzusammenziehung fällt beträchtlicher, als vor oder nach dem Oeffnen der erregenden Kette aus, man mag welche extrapolare von den Berührungspunkten der Elektroden nicht allzuferne Stelle oder welchen intrapolaren Ort man wolle reizen. Der Fall findet sich nur sehr selten in galvanischen Froschpräparaten.

Diese, so wie die minder kräftigen lebenden Nerven kleiner oder grosser Frösche zeigen die schon von PFLÜGER angegebene Regel, dass die Empfänglichkeit in den Bezirken des intrapolaren und des extrapolaren Anelektrotonus erniedrigt und in denen des intra- und des extrapolaren Katelektrotonus erhöht ist. Da die Zunahme der Reizbarkeit mit der Entfernung von den Berührungsstellen des Poldrathes sinkt, so enthält die intrapolare oder erregte Strecke, welche die beiden entgegengesetzten Zustände umfasst, einen Indifferenzpunkt *e* Fig. 10, in dem die Reizbarkeit weder erhöht noch erniedrigt ist. Man kann sich die Wirkung der ganzen

intrapolaren Gegend *cd* unter dem Bilde einer Curve vorstellen, welche dicht an dem negativen Pole *d* ihre höchste positive Ordinate, in *e* ihren Durchschnittspunkt mit der Abscisse, und bei *c* ihre grösste negative Ordinate hat. Der Indifferenz- oder der Schnittpunkt *e* liegt nicht immer in der Mitte, sondern mehr nach der einen oder der anderen Seite nach Maassgabe der Verhältnisse.

Fig. 10.



Lebende geschwächte oder durch den Strom veränderte Nerven können noch die beiden anderen möglichen Fälle darbieten, dass der intrapolare und der extrapolare An- und Katelektrotonus erniedrigend wirken, oder dass die Erhöhung der Reizbarkeit dem Anelektrotonus und die Abnahme dem Katelektrotonus zukommt. Diese Erscheinungen treten nach mechanischen oder elektrischen Misshandlungen der Nerven bleibend oder nur vorübergehend auf. Ein kurzer einmaliger Durchtritt starker Ströme kann hinreichen, einen jener beiden Wechselfälle herbeizuführen.

§. 263. Der starke elektrotonisirende Strom hält, so sehr es angeht, die Molecüle der erregten Strecke in einer neuen Gleichgewichtslage, die dem Wettkampfe seiner polarisirenden Wirkung und der ursprünglichen Anziehung entspricht (§. 240.). Die Stellungsveränderung theilt sich den beiderseitigen abgeleiteten Strecken mit, jedoch so, dass sie mit der Entfernung abnimmt und endlich unmerklich wird. Man hat also hier kein einseitiges Abfliessen der Elektricität, wie bei dem Offenbleiben des Inductionskreises z. B. des thätigen Magnetelektromotors und den hierdurch möglichen unipolaren Inductionswirkungen. Genügt auch der Einfluss der Richtungsthätigkeit und der Triebkraft des erregenden Stromes zur Erklärung des Elektrotonus und der Lebensleistungen der Nerven im Allgemeinen, so reicht er unmittelbar für die Erläuterung der Beziehungen der ersteren zu den Reizbarkeitserscheinungen nicht hin. Die beiderseitige gleichartige Wirkung, die Erhöhung bei den kräftigsten und die Erniedrigung bei den misshandelten Nerven lässt sich nicht ohne weiteres aus ihm herleiten. Da seine Wirkungen einseitig sind, so könnte man allenfalls die beiden anderen einseitigen Fälle mit ihm in Beziehung bringen. Die gewöhnliche Regel, dass der intra- und der extrapolare Katelektrotonus mit einer Erhöhung verbunden ist, entspricht der Erscheinung, dass die durch die Triebkraft bedingte Bewegung in der Richtung des positiven Stromes

dahingeht. Der Leitungswiderstand und wahrscheinlich auch die Beweglichkeit würden daher an dem positiven Pole ab-, und an dem negativen zunehmen. Der umgekehrte Fall müsste aus der veränderten Beschaffenheit des Markes hergeleitet werden, da auch eine Bewegung mancher suspendirter Theilchen von dem negativen zum positiven Pole vorkommt (§. 238.).

§. 264. Eine andere Auffassung kann uns alle möglichen Combinationen genügender erläutern. Es wurde schon §. 227. bemerkt, dass sich die chemische Zersetzung auf eine Umlagerung der Molecüle zurückführen lässt. Eine sehr kleine Wirkung der Art aber erzeugt noch keine so sichtlich durchgreifenden Einflüsse, dass wir sie als eine chemische Zerlegung mit unseren gewöhnlichen Hilfsmitteln anerkennen. Man darf ferner annehmen, dass die neue Gleichgewichtlage, die aus dem Kampfe der polarisirenden Wirkung des Stromes und der früheren Anziehung hervorgeht, eine weniger stabile, als die vorhergehende des ruhenden Zustandes ist, wenn keine stärkere chemische Zersetzung eingegriffen und die Elasticitätsgrösse des Nerven hierdurch nicht gelitten hat. Der elektrische Strom erzeugt dann eine grössere Beweglichkeit der Molecüle. Man kann desshalb oft genug sehen, dass eine kleine elektrische Misshandlung den frischen wie den absterbenden Nerven für einige Zeit empfänglicher macht.

Der Fall, in dem die ganze erregte und die beiden abgeleiteten Strecken eine Zunahme der Empfänglichkeit verrathen, kommt nur in den lebenskräftigen Nerven mit grossen elastischen Kräften vor. Man hat hier die Folgen der erhöhten Beweglichkeit der intrapolaren Strecke, die sich auch extrapolar mit einer mit der Entfernung abnehmenden Stärke mittheilt.

Greift der Strom in schwächeren oder misshandelten Nerven nachdrücklicher ein, so ruft er auch eine Umlagerung der Molecüle hervor, die sich schon deutlicher als chemische Zersetzung verräth. Elektronegative Körper, wie Sauerstoff, Chlor, Säuren können sich am positiven und elektropositive, wie Wasserstoff oder Metalloide am negativen Pole abscheiden und sich von da bis zu einer bestimmten Entfernung verbreiten oder durch die Elektrolyse auch hier erzeugt werden. Die Untersuchung der örtlichen Nervenstörungen wird uns aber zeigen, dass Säuren, Alkalien und Salze oft zuerst die Reizbarkeit vergrössern und sie später herabsetzen, oder die Beweglichkeit der Nervenmolecüle anfangs erhöhen und später erniedrigen können. Die Grösse und die Dauer der Zunahme der

Empfänglichkeit hängt aber nicht bloss von der Beschaffenheit des einwirkenden Körpers, sondern auch von dem Concentrationsgrade, in dem seine Lösung angewandt wird, ab. Man kann sich daher vorstellen, dass sich ähnliche Einflüsse bei den Aenderungen der Reizbarkeitszustände durch den Elektrotonus nach Maassgabe der auftretenden Abscheidungserzeugnisse, der Ionen oder Ionten oder der Umlagerung der Molecüle geltend machen.

Besitzt das Mark nicht jene kräftige Elasticität, die sich auch dem Einflusse starker Ströme nachdrücklich entgegensetzt, und ist es anderseits nicht wesentlich entmischt, so wird nach dieser Vorstellung der an dem negativen Pole auftretende Elektrolyt in solcher Beschaffenheit und in solcher Menge erscheinen, dass die Beweglichkeit der Markmolecüle vergrössert ist. Der an dem positiven Pole abgeschiedene hat den entgegengesetzten Erfolg. Daher die Zunahme für den Katelektrotonus und die Verringerung für den Anelektrotonus.

Ist das Mark durch Misshandlungen geändert, so können auch andere Zersetzungsproducte zum Vorschein kommen. Man wird demgemäss die Erniedrigung nur für den Katelektrotonus oder für ihn und den Anelektrotonus haben.

§. 265. Diese Vorstellung macht eine Reihe anderer hier vorkommender Erscheinungen begreiflicher. Schwächere elektrotonisirende Ströme erhöhen häufig die Wirksamkeit, stärkere dagegen setzen sie herab und zwar zunächst in dem intrapolaren Bezirke. Eine der vier erwähnten Hauptnormen kann durch eine andere ersetzt werden, wenn die längere Stromeswirkung die Beschaffenheit des Markes geändert hat.

§. 266. Zweifelhafter sind manche andere Erscheinungen, auf die man hin und wieder stösst, dass z. B. der reizende Strom nur dann erhöhend wirkt, wenn er mit dem elektrotonisirenden gleichgerichtet ist. Es wäre möglich, dass auch hier Formen der Molecüle entscheidend eingriffen, die einen ungleichen Widerstand der Verrückung nach verschiedenen Seiten darbieten (§. 256.). Ein einzelner augenblicklicher Inductionsschlag oder die Wirkung des Magnetelektromotors zur Reizung benutzt, führt häufiger zu dem Falle, dass der Katelektrotonus die Empfänglichkeit herabsetzt und der Anelektrotonus dieselbe erhöht. Die steile Abgleichungscurve und nicht die Richtung der Inductionsströme macht hier ihren Einfluss geltend, da jene eigenthümliche Erscheinung auch bei den entgegengesetzt gerichteten Inductionsschlägen auftritt.

§. 267. Die secundäre Polarisation der Muskeln und der Nerven hängt mit den Erscheinungen zusammen, welche bei der Durchleitung der Ströme durch poröse Körper auftreten. Hat man einen reizbaren Muskel eine Zeit lang der Wirkung einer starken galvanischen Kette ausgesetzt und verbindet ihn dann mit dem Galvanometer, so zeigt er nach DU BOIS[1]) einen Strom an, welcher der Richtung des früher durchgeleiteten Stromes entspricht. Der entgegengesetzt gerichtete Polarisationsstrom ist nebenbei vorhanden. Die Nerven liefern die gleiche Erscheinung. Man hat jedoch nach MATTEUCCI[2]) den Unterschied, dass sich die Veränderung nicht bloss auf die galvanisirte Strecke, wie in den Muskeln beschränkt, sondern sich über dieselbe, wie bei dem Elektrotonus beiderseits ausdehnt. Die Nerven verlieren dafür den aufgezwungenen Zustand nach DU BOIS früher, als die Muskeln. Man kann daher jene mit weichem Eisen und diese mit dem Stahl vergleichen, wenn man die Zähigkeit, mit der diese Körper den Magnetismus zurückbehalten, der Betrachtung zum Grunde legt.

§. 268. Die nähere Untersuchung der optischen Eigenschaften gestattet noch einige Folgerungen über die Molecularbeschaffenheit der Nerven und der Muskeln, zu denen uns die vorhergehenden Erläuterungen vorbereitet haben.

Wir sahen schon §. 70 fgg., dass die Muskeln und die Nerven doppeltbrechend wirken. Man kann sie als wahrhaft oder als annähernd einachsig ansehen. Die optische Achsenrichtung geht der Längsachse der Faser parallel. Die Muskelfasern, das Neurilemm und die Hülle der Nervenfasern besitzen einen positiven Charakter der Doppelbrechung. Der ordentliche Strahl hat also in ihnen den möglich kleinsten und der ausserordentliche den grösstmöglichen Brechungscoëfficienten. Das negative Nervenmark dagegen bietet das Entgegengesetzte dar.

§. 269. Die Ausfluss- oder die Emanationstheorie, deren Hauptvertreter NEWTON war, fordert, dass sich das Licht in einem dichteren Mittel rascher, als in einem dünneren bewegt. Die von HUYGENS, YOUNG und FRESNEL begründete Wellenlehre dagegen verlangt das Umgekehrte. Die Ruhe der Aetheratome erzeugt nach ihr die Finsterniss und die Bewegung das Licht. Die letztere theilt

[1]) DU BOIS, Report of the British association at Belfast. London. 1853. 8. p. 78—80.

[2]) MATTEUCCI, Comptes rendus. Tome L. 1860. p. 412—417. Tome LIII. 1861. p. 503—507.

sich aber von Atom zu Atom mit, weil die Ortsverrückung eines Aethertheilchens die der früheren Gleichgewichtslage entsprechenden Entfernungen geändert und daher elastische Kräfte freigemacht hat, welche schwingende Bewegungen hervorrufen. Denkt man sich ein Aethertheilchen als den Ausgangspunkt der Unruhe, so wird sich diese nach und nach immer weiter verbreiten. Die Fläche, welche alle Theilchen enthält, die in einem Augenblicke zu schwingen anfangen, heisst die diesem Zeitpunkte entsprechende Wellenfläche. Ihr Fortschreiten bestimmt die Fortpflanzungsgeschwindigkeit. Diese gleicht also für die Zeiteinheit dem Längenabstande der Wellenfläche am Anfange von dem am Ende derselben. Die Erfahrung lehrte, dass sie in einem optisch dichteren Mittel kleiner ist, dass sie also in umgekehrter Beziehung zu dem Brechungsverhältnisse steht. Dieses Ergebniss hat gegen die Ausflusstheorie endgültig entschieden.

§. 270. Man zerlegt eine jede beliebige Bewegungsrichtung nach drei zu einander rechtwinkeligen Coordinaten, indem man ihre lineare Grösse auf jede derselben rechtwinkelig projicirt. Die des Aethermolecüles lässt sich daher auf eine longitudinale Schwingungsrichtung zurückführen, welche der Richtung des Strahles parallel läuft, und auf zwei transversale, die in einer auf dieser senkrechten Ebene liegen. FRESNEL und ARAGO schlossen aus Interferenzversuchen, dass nur die queren Schwingungen den Gesichtseindruck hervorrufen. Die longitudinalen, welche die Hauptrolle bei dem Hören der Schallwellen übernehmen, sollten für unser Auge gänzlich verloren gehen. Obgleich die späteren mathematischen Untersuchungen von CAUCHY und dessen Nachfolgern andeuteten, dass dieses nicht streng richtig ist, so unterliegt es doch keinem Zweifel, dass die Lichtwirkungen, die wir sehen, von den queren Schwingungen vorzugsweise abhängen.

§. 271. Das Quadrat der Geschwindigkeit der Aethermolecüle wächst nach den Voraussetzungen, die FRESNEL seinen Berechnungen zum Grunde legte, in geradem Verhältnisse der Elasticität und in umgekehrtem der optischen Dichtigkeit des Mittels. Die Elasticitätsachse entspricht nach ihm derjenigen Richtung, für welche die ursprüngliche Verschiebung des Aethertheilchens mit der späteren Hauptresultante der Wirkungen der umgebenden Aethertheilchen zusammenfällt. Man kann auf ihr eine der gegebenen Wirkungsgrösse entsprechende Länge abstechen, wenn man eine andere beliebige Länge zur Einheit nimmt. Jene Länge der Elasti-

citätsachse bleibt nach allen Richtungen dieselbe, wenn der Körper einfach bricht. Sie wechselt dagegen in den doppeltbrechenden Massen mit der Verschiedenheit der Richtungen. Alle möglichen hier vorkommenden Fälle lassen sich bestimmen, wenn man drei auf einander senkrechte ungleich grosse Haupt-Elasticitätsachsen annimmt, die mit den Normalen der Fortpflanzungsgeschwindigkeiten der Wellenebene zusammenfallen und deren Längen den Werthen der letzteren proportional sind. Die Wirkungen der Zwischenrichtungen werden nach dem Parallelogramm der Kräfte bestimmt.

§. 272. Nur die optisch zweiachsigen Körper haben drei unter sich ungleiche Haupt-Elasticitätsachsen, eine kleinste, eine mittlere und eine grösste. Zwei derselben fallen dagegen in einem optisch einachsigen Körper zusammen. Ist dieser positiv, so hat der ordentliche Strahl, der in der Richtung der optischen Achse dahingeht, dessen Schwingungen also auf dieser senkrecht stehen, die grösste, und der auf ihr senkrechte ausserordentliche Strahl, der linear polarisirt in der Richtung der optischen Achse schwingt, die kleinste Fortpflanzungsgeschwindigkeit. Die kleinste Elasticitätsachse entspricht also der optischen Achse der positiven und die grösste der der negativen einachsigen Körper.

§. 273. Die optische und die mechanische Dichtigkeit fallen nicht immer zusammen. Die Oele z. B. haben grössere Brechungscoëfficienten und kleinere Eigenschweren, als das Wasser. Mag aber auch ein Unterschied in den Muskeln und dem Nervenmarke vorhanden sein, so lässt der Eiweissgehalt erwarten, dass die beiden Dichtigkeiten nicht nach entgegengesetzten Richtungen auseinandergehen. Da die Muskelfaser ihre kleinste Elasticitätsachse in der Richtung ihrer Länge hat, so fällt in diese die grösste Fortpflanzungsgeschwindigkeit, also der kleinste Ablenkungscoëfficient und mithin die geringste Dichtigkeit, wenn man die Verhältnisse der ursprünglich doppeltbrechenden Körper zu Grunde legt. Es ergibt sich dann, dass die Molecüle der Muskelfaser der Quere und die des Nervenmarkes der Länge nach enger beisammen liegen.

§. 274. Man gelangt zu dem entgegengesetzten Endergebnisse, wenn man sich vorstellt, dass die durch die Doppelbrechung angezeigte Ungleichheit der Massenvertheilung in den Muskeln und den Nerven durch Druck oder Spannung erzeugt wird. NEUMANN [1]),

[1]) F. E. NEUMANN, Die Gesetze der Doppelbrechung des Lichtes in comprimirten oder ungleichförmig erwärmten krystallinischen Körpern. Berlin 1843. 4. S. 28—33.

der die mathematische Theorie dieser Erscheinungen gab, bewies zunächst, dass die Ursache, wesshalb ein einfach brechender Körper durch Druck doppeltbrechend wird, darin liegt, dass die veränderte Stellung der wägbaren Theilchen eine solche der sie umgebenden Aetheratome nach sich zieht, nicht aber, dass eine veränderte Einwirkung der ersteren auf die letzteren Statt findet. Er[1]) kam ferner zu der Folgerung, dass die durch den Druck erzeugte Verdichtung der Masse nicht, wie es nach der Wellenlehre zu erwarten wäre (§. 259.), eine Abnahme, sondern eine Vergrösserung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit erzeugt. Man hat hiernach einen kleineren Brechungscoëfficienten in der Druckrichtung, in der die Molecüle genähert werden, und einen grösseren senkrecht darauf, in der sie sich nach der gewöhnlichen Annahme wechselseitig von einander entfernen oder nach einer anderen nicht näher begründeten und der mathematischen Theorie widerstreitenden Ansicht[2]) ihre früheren Abstände beibehalten sollen. NEUMANN fand auch in der That, dass die durch die Erwärmung bedingte Dichtigkeitsabnahme eines Glasprismas eine Zunahme des Brechungscoëfficienten zur Folge hatte.

Da die positive Muskelfaser das Licht in der Richtung der Längsachse weniger, als in der eines auf dieser senkrechten Querschnittes bricht, so würde nach dem eben Erläuterten folgen, dass ihre Theilchen der Länge nach dichter, als in dem Querschnitte bei einander liegen. Das negative Nervenmark böte das Entgegengesetzte dar.

§. 275. Man sieht zunächst, dass der Streit, ob die doppelt brechende Wirkung der Thiergewebe von wahrer Doppelbrechung oder von Spannungen herrührt, geschlichtet werden könnte, wenn es ein Mittel gäbe, die Längs- und die Querdichtigkeit der Muskelfasern oder des Nervenmarkes zu untersuchen. Man hat vorläufig mehrere Gründe, welche gegen den ursprünglich krystallinischen Bau, mithin eher für die Analogie mit Spannungen sprechen.

§. 276. Die Doppelbrechung aller Fasern unseres Körpers rührt wahrscheinlich davon her, dass ihre sich nach und nach ablagernden Molecüle immer nach einer Richtung enger, als nach der anderen zusammengedrängt werden, so wie neue Masse hinzutritt. Die quergestreiften und die einfachen Muskelfasern, die Fasern und die blossen Falten des Bindegewebes, mithin auch das Neurilemm und

---

[1]) NEUMANN, Ebendaselbst. S. 59.

[2]) F. ARAGO, Eloge de FRESNEL. Oeuvres, Tom. I. Paris 1854. 8. p. 129.

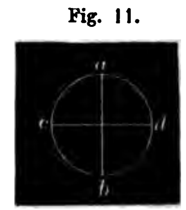
die Hülle der einzelnen Primitivfasern, die Sehnenfasern und die elastischen Fasern verhalten sich sämmtlich positiv in Bezug auf ihre Längsachse. Da sie vom Beginne ihrer doppeltbrechenden Wirkung im Embryo mehr in die Länge, als in die Quere wachsen, so lässt sich vermuthen, dass die Ablagerung von Molecülen überhaupt in der Längsrichtung die begünstigtere ist.

Das Nervenmark dagegen wird erst nachträglich in die schon früher vorhandenen Hüllen der Primitivfasern abgesetzt. Der seitliche Widerstand der Ausbreitung ist daher jedenfalls grösser, als bei den früher genannten Fasern und es hängt vielleicht hiermit zusammen, dass hier die Molecüle der Quere nach dichter, als in der Längsrichtung bei einander liegen. Sollte dieses der wahre Grund sein, so darf man ihn keinesfalls so auffassen, als rühre die Eigenthümlichkeit davon her, dass die Markmasse desshalb negativ ist, weil sie einen stärkeren Querdruck von der Hülle erleidet. Diese Ansicht widerlegt sich dadurch, dass das herausgepresste Mark negativ bleibt und die Gerinnung die Doppelbrechung erhöht, es möge sich innerhalb oder ausserhalb der Scheide der Primitivfasern befinden. Das Letztere lehrt zugleich, dass die sogenannte Coagulation des Markes mit einer bestimmt orientirten ungleichartigen Massenverdichtung verbunden ist.

§. 277. Sind die wechselseitigen Abstände der Markmolecüle in der Längsrichtung der Nervenfaser grösser, als in dem auf ihm senkrechten Querschnitte, so kann auch ihre Ortsveränderung bei der Nerventhätigkeit in der die Fortpflanzung hauptsächlich betreffenden Längsrichtung bedeutender, als der Quere nach ausfallen. Ein solcher Bau würde nicht bloss verständlich machen, wesshalb die Nervenfasern vorzugsweise der Länge nach leiten, sondern auch andeuten, dass diese Längsrichtung durch die grössere mögliche Ortsveränderung der weiter von einander abstehenden Molecüle wirksamer auszufallen vermag. Denkt man sich umgekehrt, dass die Molecüle der Muskelfaser der Quere nach weiter von einander stehen, so könnte möglicher Weise die Zusammenziehung darauf beruhen, dass die der Länge nach enger gereihten Molecüle nach den weiteren Zwischenräumen der Querebenen in schiefen Resultantenbahnen hinübergingen, so unmittelbar die Längenabnahme und durch neue wachgerufene Abstossungskräfte die Vergrösserung des Querschnittes bedingten. Die Verbreiterung würde hiernach erst die ein Zeittheilchen später eintretende mittelbare Folge der Längenverkürzung bilden.

§. 278. Das kleinste nicht geronnene Marktheilchen, das wir noch unter dem Mikroskope gesondert betrachten können, lässt eine der Längsachse des Nerven parallele optische Achse *ab* Fig. 11. erkennen, wenn nicht seine Dünne die doppeltbrechende Wirkung für unser Auge unmerklich macht. Denkt man sich, man habe die Achsenebene des Gypsblättchens von Roth erster Ordnung unter + 45° zwischen den beiden rechtwinklig gekreuzten Polarisationsebenen der zwei Nicol eingeschaltet (§. 50.) und *ab* ebenso orientirt, so wird die hierauf senkrechte Richtung *cd* unter — 45° stehen. Das ganze Nerventheilchen erscheint gelb und behält diese Farbe oder ändert sie in einer nur zweifelhaften Weise, wenn man einen mässig starken Strom kürzere oder etwas längere Zeit durch den Nerven leitet (§. 76.). Dieses beweist, dass der letztere die optische Achse um keinen irgend bedeutenden Winkel dreht. Betrüge die Wendung von *ab* 90°, so würde *ab* in die Lage — 45° kommen. Das Gelb müsste zu Blau werden. Gliche die Drehung nur 45°, so entsprächen *ab* und *cd* je einer der Polarisationsebenen der beiden Nicol. Man hätte Roth statt Gelb. Da sich aber das Gelb keinesfalls merklich ändert, so folgt dass sich die optische Achse um keinen irgend bedeutenden Winkel drehen kann, wenn sie überhaupt ihre Lage wechselt.

Fig. 11.



§. 279. Man würde irren, wenn man aus dieser den Aether betreffenden Erscheinung schliessen wollte, dass sich auch die wägbaren Molecüle der Nerven nicht drehen, oder überhaupt nicht bewegen können. Eine genauere Betrachtung kann vielmehr über die Beziehungen derselben zu dem Aether Aufschluss geben.

Befeuchten wir einen Bewegungsnerven mit Weingeist oder Glycerin, so zieht sich der entsprechende Muskel zusammen. Das Nervenmark erleidet einen solchen Umsatz an der Berührungsstelle, dass man nicht bezweifeln kann, dass eine Ortsveränderung der wägbaren Theilchen Statt findet. Die Doppelbrechung ist kräftiger geworden, allein die Lage der optischen Achse und der negative Charakter haben sich nicht geändert. Da ein ähnlicher Gegensatz für viele andere Wirkungen wiederkehrt, so folgt, dass die sonst so fein tastenden Aetherschwingungen ein stumpferes Erkennungsmittel der die Lebenserscheinungen bedingenden Veränderungen bilden, als z. B. die elektrischen Ströme oder das Galvanometer, deren Wirkungen an Bewegungen der wägbaren Markmolecüle gebunden sind. Diese erzeugen nicht nothwendiger Weise entsprechende merkliche

Veränderungen in dem sie umgebenden Aether, sei es, dass die verhältnissmässige Stellung der Aethertheilchen die gleiche bleibt oder der Wechsel für die Lage der optischen Achse, die Grösse und den Charakter der Doppelbrechung von untergeordnetem Einflusse ist. Der Umstand, dass sich die optische Achsenrichtung und der Charakter der Doppelbrechung des Markes bei dem Eintrocknen erhalten, kann das eben Gesagte bestätigen.

§. 280. Man nimmt an, dass sich die Erregung einer Nervenfaser auf eine benachbarte innerhalb desselben Nervenstammes nicht überträgt und gelangt auf diese Art zu dem sogenannten Gesetze der isolirten Leitung. Es lässt sich darthun, dass diese Norm wahrscheinlich nur annäherungsweise gilt, dass eine verborgen bleibende Mittheilung allerdings Statt findet.

§. 281. Die secundäre Zuckung vom Nerven aus (§. 244.) lehrt unmittelbar, dass die hinreichend kräftige Abgleichung der Elektricität in einem Nervenstamme eine zu merklichen Wirkungen hinreichende Abgleichung in einem zweiten benachbarten erzeugen kann. Man darf hiernach erwarten, dass auch der Elektrotonus einer Nervenfaser auf benachbarte, in demselben Stamme verlaufende Nervenfasern zurückzuwirken im Stande ist. Dieses lässt sich unmittelbar beweisen.

Man sondert den Grenzstrang des Sympathicus des Frosches an einer Seite, schneidet ihn in der Lebergegend durch und legt ihn auf eine Guttaperchaplatte, ohne die Fäden, die sich mit den Stämmen des Hüftgeflechtes verbinden, zu verletzen. Reizt man den Sympathicus auf nicht elektrischem Wege, so bleibt der Schenkel ruhig. Versetzt man ihn dagegen in Elektrotonus durch eine Batterie von passender Stärke, so erhält man in glücklichen Fällen Zusammenziehungen in den Muskeln des Hinterbeines, besonders bei dem Schlusse der Kette. Sie müssen aber, wenn der Versuch rein sein soll, ausbleiben, nachdem man die zu dem Hüftgeflechte gehenden sympathischen Fäden durchschnitten oder unterbunden hat.

Die von du Bois[1]) sogenannte paradoxe Zuckung, bei der die starke elektrotonische Erregung des Nervus peroneus auf Zweige des Ischiadicus zurückwirkt, deren Primitivfasern neben denen jenes Nerven im Oberschenkel verlaufen, die sich aber später von ihnen getrennt haben, lehrt das Gleiche, wie der eben erwähnte Versuch, für die Wirkung kräftiger Ströme.

[1]) du Bois, Untersuchungen. Bd. II. S. 545—48.

Die Abgleichung der negativen Stromesschwankung ist zu schwach und erfolgt zu rasch, als dass sich ihre Wirkung auf einen benachbarten Nerven durch die Galvanometernadel verriethe. Dieses berechtigt aber nicht, einen jeden Einfluss in Abrede zu stellen. Es ist im Gegentheil nicht unwahrscheinlich, dass die negative Schwankung eine Gleichgewichtsstörung in der neben ihr liegenden Faser hervorruft. Sie wird jedoch so gering ausfallen, dass nur eine verborgene Nervenerregung zum Vorschein kommt. Das Gesetz der isolirten Leitung der Primitivfasern sollte daher der Sicherheit wegen nur so aufzufassen sein, dass keine äusserlich wirksame Erregung in der benachbarten Faser zum Vorschein kommt, so lange die Erregungsursache eine gewisse Grenze nicht überschreitet. Diese scheint aber für verschiedene Nerven verschieden zu sein. Die Ausmessung der Gesichtsempfindungen wird uns Erscheinungen vorführen, die vermuthlich auf einer merklichen Rückwirkung der Nervenelemente auf benachbarte beruhen.

§. 282. Das Paradoxon, welches die elektrischen Fische darbieten, muss übrigens hier zur Vorsicht mahnen. Die Entladung bildet eine Waffe dieser Thiere. Sie tödtet oft genug andere Fische und ist im Zitteraale so stark, dass sie Menschen und selbst Pferde betäuben kann. Die Muskeln des elektrischen Fisches selbst ziehen sich aber bei dem Schlage nicht zusammen und es verräth sich kein Zeichen, dass das Thier die Entladung seiner elektrischen Organe empfindet. Da mit Wasser durchtränkte Theile die elektrischen Werkzeuge mit dem übrigen Körper des Fisches verbinden, so erscheint die Stromabzweigung z. B. zu den Muskeln als eine physikalische Nothwendigkeit. Man könnte auf den Gedanken kommen, dass man hier ein ähnliches Verhältniss hat, wie in vielen physiologischen Versuchsanordnungen, in denen eine metallische Querbrücke die beiden an die thierischen Theile angelegten Elektroden verbindet. Da die Gewebe viele Hunderttausend oder Millionen mal schlechter leiten, als der metallische Querbogen, so geht durch sie ein Stromzweig von so unbedeutender Stärke, dass er nicht einmal die Nerven und die Muskeln anregt. Würde auch die, eine schwache Eiweiss- und Salzlösung bildende Ernährungsflüssigkeit etwas schlechter, als das Meerwasser leiten, eine Annahme die noch sehr zweifelhaft ist, so könnte doch der Unterschied keinesfalls so gross sein, dass er die Immunität der Nerven und der Muskeln des elektrischen Fisches zu erklären im Stande wäre.

§. 283. Man darf ohne Uebertreibung behaupten, dass alles Einzelne, das wir von den Lebensthätigkeiten des Nervensystems mit Sicherheit kennen, die Nervenfasern betrifft. Unser Wissen über die Bedeutung der Ganglienkugeln gleicht dem über die Wirkung der Flimmerbewegung, die sicher nicht bloss da ist, um Schleimmassen und andere Nachbarkörper fortzuschieben, sondern unzweifelhaft Beziehungen hat, zu deren Erkenntniss uns vorläufig jeder Zugang mangelt.

§. 284. Während die übrigen Gewebe doppeltbrechende Eigenschaften besitzen, fehlt diese Art von Wirkung zwei Hauptträgern der thierischen Leistungen, den Blutkörperchen, die sich bei den Athmungserscheinungen und deren Folgewirkungen so wesentlich betheiligen, und den Ganglienkugeln, den Bestimmungsgliedern der Nerventhätigkeit. Die rundliche Gestalt kann diese Eigenthümlichkeit nicht erklären. Andere runde, concentrisch geschichtete Gebilde, wie die Krystalllinse, die aus Kreislagen bestehenden krystallinischen Kugeln des Hirnsandes, des Urines des Pferdes und des Esels, die sogenannten Amyloidkörper und bisweilen die runden geschichteten Massen des geronnenen Nervenmarkes (§. 93.) zeigen das schwarze Polarisationskreuz mit oder ohne Polarisationsfarben. Die letzteren allein können an rundlichen, nicht geschichteten, verhornten Massen auftreten.

§. 285. Diese Thatsachen lehren, dass die Ganglienkugeln keinen geschichteten Bau und keine auf grössere Strecken ausgedehnte optische Dichtigkeitsunterschiede nach verschiedenen Richtungen darbieten. Denn der einfachbrechende oder isotrope Charakter kann davon herrühren, dass jene gänzlich fehlen, oder dass unendlich viele Unterschiede nach allen Richtungen unregelmässig vertheilt sind. Mit einem Worte die optische Ungleichheit nach zwei verschiedenen Hauptrichtungen, welche dem Nervenmarke eigen ist, fehlt den Ganglienkugeln.

§. 286. Man kann aus dem Verhalten der Ganglien am Galvanometer schliessen, dass ein ähnlicher Gegensatz in Betreff der elektromotorischen Eigenschaften Statt findet. Bringt man den Grenzstrang oder die Längsfläche eines Ganglion und einen Querschnitt des letzteren z. B. aus dem erstarrten Murmelthiere mit den Bäuschen der zuleitenden Vorrichtung eines Galvanometers in Verbindung, so verhält sich der künstliche Querschnitt eines Knotens eben so gut negativ, als der eines Nervenstammes. Bedenkt man, dass Bündel durchsetzender Nerven in dem Knoten der Länge nach hingehen, so

hat man die künstlichen Querschnitte derselben in dem künstlichen Querschnitte des Knotens. Die Ganglienkugelnscheiden und die einzelnen umspinnenden Nervenfasern (§. 87.) liegen aber in den verschiedensten Richtungen in Bezug auf den Querschnitt. Ist dieser dessenungeachtet negativ, so erscheint es als das Einfachste, die Wirkung von dem Vorherrschen der durchtretenden oder der überhaupt longitudinal verlaufenden Nervenfasern herzuleiten und die Ganglienkugeln selbst als indifferente Gebilde so lange anzusehen, als nicht Versuche das Gegentheil beweisen können. Die Scheidenfortsätze oder die Remak'schen Fasern werden nur eben so schwach als andere marklose und bindegewebartige Gebilde wirken.

§. 287. Die Erscheinungen, die man an dem Rückenmarke des erstarrten Murmelthieres beobachtet, unterstützen die eben dargestellte Auffassungsweise. Ein Bruchstück des Rückenmarkes verhält sich wie ein Nervenstamm. Seine natürliche Längsfläche ist positiv im Vergleich mit dem künstlichen Querschnitte. Die Erregung gibt eine negative Schwankung und ein anhaltend durchgehender Strom erzeugt Elektrotonus im Rückenmarke und den mit ihm verbundenen Nerven. Der künstliche Querschnitt des Rückenmarkes enthält aber vorherrschend wagerechte und schiefe Durchschnitte centraler markiger Nervenfasern und Ganglienkugeln der grauen Substanz, die in den mannichfachsten Lagenbeziehungen zur Querschnittsfläche stehen. Die ersteren bestimmen also wiederum den Ausschlag.

§. 288. Die elektrische Indifferenz der Ganglienkugeln kann von zweierlei Verhältnissen herrühren. Die Masse des Nervenkörpers besitzt gar keine elektromotorischen Eigenschaften oder die positiven und die negativen Bezirke der elektromotorischen Elemente sind so durch einander geworfen, dass keine äussere Ableitung einer endlichen Stromstärke von einer positiven zu einer negativen Fläche von endlicher Ausdehnung möglich ist. Sollten die elektromotorischen Eigenschaften den Ganglienkugeln, diesen selbstständigsten Hauptträgern der Nervenwirkung mangeln, so läge hierin ein neuer Beweis der wesentlichen Verschiedenheit der Elektricität und der Nerventhätigkeit.

§. 289. Die optische und die wahrscheinlich vorhandene elektromotorische Indifferenz der Ganglienkugeln lässt schliessen, dass nicht eine einzige oder wenige Richtungen in dem Baue dieser Gebilde bevorzugt sind. Jene zeigt ferner, dass keine schalige, etwa in gewöhnlichem Lichte unkenntliche Anordnung der Grundmasse

zukommt. Man kann natürlich vorläufig nicht angeben, ob diese grössere Freiheit in der Stellung der Molecüle der Ganglienkugeln einen bedeutenden Einfluss auf ihre Wirkungsweise hat oder nicht. Es wäre nicht undenkbar, dass hierdurch eine grössere Vielseitigkeit ihrer Einflüsse möglich wird.

§. 290. Die wenigen Mittel, die uns zu Gebote stehen, die Thätigkeit der Ganglienkugeln zu erforschen, führen zu der Vermuthung, dass diese Gebilde die verschiedensten Leistungen liefern können, je nachdem sie den einzelnen Bezirken des peripherischen oder des centralen Nervensystemes angehören. Man kann sogar, wie es scheint, auf ganz entgegengesetzte Merkmale in dieser Beziehung stossen.

§. 291. Die mikroskopische Untersuchung unversehrter und hinreichend durchsichtiger Nervenknoten z. B. des Grenzstranges des Sympathicus des Frosches scheint anzudeuten, dass sich keine mit dem Nervenmarke übereinstimmende Masse zwischen der Ganglienkugel und der sie umgebenden Hülle befindet. Ist dieses richtig, so wird man hieraus mit grosser Wahrscheinlichkeit schliessen, dass die moleculare Unruhe, welche die Nervenerregung begleitet, in ein anderes Mittel übergeht, so wie sie das Ganglion durchsetzt. Sie begibt sich hierbei aus dem Marke in die Masse einer bipolaren Ganglienkugel und aus dieser wiederum in das Mark des zweiten Nervenfortsatzes. Die Fortpflanzung einer Licht- oder Schallwelle aus einem optisch oder akustisch dünneren in ein dichteres Mittel ist immer mit einem Verluste an lebendiger Kraft verbunden, weil eine Welle zurückgeworfen und eine andere durch das neue Mittel durchgelassen wird. Da aber erst die Summe der Intensitäten dieser beiden Wellen der der ankommenden Welle gleicht, so folgt, dass die Stärke der durchgehenden um so schwächer sein wird, je mehr durch die der zurückgeworfenen Welle verloren gegangen. Besitzen das Nervenmark und die Ganglienkugeln verschiedene Dichtigkeiten, so hat man natürlich an einer bipolaren Kugel immer ein Mal einen Uebergang aus einem dünneren Mittel in ein dichteres und ein Mal einen solchen aus einem dichteren in ein dünneres Mittel, ganz gleichgültig, welcher jener beiden Massen die grössere Dichtigkeit zukommt. Es lässt sich daher ein nicht unbedeutender Verlust an lebendiger Kraft erwarten. Die Einschaltung einer Ganglienkugel in dem Verlaufe einer Nervenfaser würde hiernach die Stärke der Erregung herabsetzen.

§. 292. Die Unempfindlichkeit des Herzens, der Lungen- oder der Unterleibseingeweide für schwache und mässige Reize, die Thatsache, dass ein frisch blossgelegter Ast eines Knotens des Grenzstranges des sympathischen Nerven weniger empfindlich, als der Verbindungsstrang desselben mit den Wurzeln der Rückenmarksnerven ist, scheint jene Folgerung zu bestätigen. Erinnert man sich aber anderseits, dass die feinsten Tastempfindungsnerven, wie die grössere Abtheilung des dreigetheilten Nerven und die hinteren Wurzeln der Rückenmarksnerven Ganglien besitzen, so kann man in Zweifel ziehen, ob hier die Einschaltung der Ganglienkugeln einen wesentlichen Verlust an lebendiger Kraft zur Folge hat. Der Gasser'sche Knoten enthält aber eine so grosse Menge dieser Gebilde, dass man nicht annehmen darf, die den bipolaren Ganglienkugeln nicht beigesellten Nervenfasern stünden allein den Empfindungswirkungen vor. Da die Zurückwerfung und die durch sie bedingte Zersplitterung lebendiger Kraft um so leichter zu Stande kommt, je grösser der Dichtigkeitsunterschied der beiden Massen, je beträchtlicher der Widerstand des Eindringens in die weniger nachgiebige ist, so liesse sich der Unterschied am ehesten durch die Voraussetzung erklären, dass die verschiedenen Ganglienkugeln des Körpers ungleiche Grade des Widerstandes der Fortpflanzung der Molecularbewegung der Erregung entgegensetzen. Dieser wäre fast Null in dem Gasser'schen Knoten und den Ganglien der hinteren Wurzeln der Rückenmarksnerven, und von bedeutender Grösse in den nicht krankhaft veränderten Knoten des Grenzstranges des Sympathicus. Werden die letzteren empfindlicher, nachdem sie misshandelt worden oder an der Luft gelegen und sich in Folge dessen mit mehr Blut gefüllt haben, so wäre dieses auf eine Aenderung der Massenbeschaffenheit der Ganglienkugeln oder dieser und der Nervenfasern zu beziehen.

§. 293. Die Verkürzung des Wadenmuskels folgt der Erregung des Hüftnerven des Frosches unmittelbar nach. Die Zeit, die zwischen der Nervenreizung und dem Anfange der merklichen Muskelzusammenziehung verläuft, oder die Dauer der latenten Reizung beträgt im Durchschnitt in den gewöhnlichen Froschpräparaten und bei 10° bis 20° C. nur $^1/_{50}$ bis $^1/_{100}$ Secunde. Regt man dagegen Bewegungen einfacher Muskelmassen z. B. des Darmes durch Reizung des Sympathicus an, so verfliesst oft eine Reihe von Secunden, ehe die Zusammenziehung kenntlich wird. Dasselbe wiederholt sich für die Regenbogenhaut des Auges von Säugethieren und von ent-

haupteten Menschen. Man hat den Unterschied daraus erklären wollen, dass die Fortpflanzung der Reizung durch die Ganglienmasse eine grössere Zeit in Anspruch nimmt. Er liegt aber wahrscheinlich nicht darin, sondern in der Eigenthümlichkeit der einfachen Muskelfasern, welche die Nervenerregung weit langsamer, als die quergestreiften in Verkürzung zu übersetzen pflegen. Es kommen übrigens einzelne, freilich seltene Fälle vor, in denen die wellenförmigen Bewegungen einzelner Darmtheile oder des Harnleiters den mechanischen Eingriffen in das verlängerte Mark oder das Rückenmark frisch getödteter Säugethiere so rasch nachfolgen, wie die Zusammenziehungen eines quergestreiften Muskels.

§. 294. Die Annahme, dass sich die Erregungen der Empfindungsfasern auf Bewegungsfasern innerhalb der Ganglien des peripherischen Nervensystemes übertragen können, ist bis jetzt nicht sicher bewiesen worden. Das angeblich leichtere Auftreten der Wurmbewegungen des Darmes nach sensiblen Reizen bei Anwesenheit der Knoten des sympathischen Nerven bestätigt sich nicht immer und rührt häufig von anderen Nebenbedingungen z. B. dem noch möglichen Durchgange des Blutes her. Die Erscheinungen am Herzen, die man für jene Ansicht angeführt hat, beweisen, wie wir später sehen werden, eben so wenig. Es unterliegt dagegen keinem Zweifel, dass die Ganglienkugeln des centralen Nervensystemes die Vermittler der Reflexbewegungen sind. Hat man das Rückenmark durch zwei vollständige, weit von einander abstehende Querschnitte getrennt und innerhalb dieses gesonderten Stückes einen Längsschnitt angelegt, der eine fast nur aus reiner Markmasse bestehende Hälfte von einer anderen, die gesammte übrige graue und weisse Substanz enthaltenden trennt, so treten Reflexbewegungen an der der letzteren entsprechenden Seite auf. Sie fehlen aber an der entgegengesetzten.

§. 295. Eine genauere Betrachtung der Erscheinungen führt auch hier wiederum zu dem Ergebnisse, dass die Leistungen der einzelnen Ganglienkugeln oder der Gruppen derselben in hohem Grade wechseln. Das Durchschlagen der Reflexbewegungen wird durch die Entfernung oder die Abtödtung des ganzen Gehirns der Säugethiere und im Frosche durch die Trennung der Vierhügel und des verlängerten Markes oder des letzteren allein, so wie durch eine Vergrösserung der passenden erregenden Empfindungsursache begünstigt. Die physiologische Pathologie des centralen Nervensystemes lehrt aber, dass nicht alle Gruppen von centralen Ganglienkugeln

in dieser Hinsicht gleichwerthig sind. Sie weist auch in anderen Beziehungen Leistungsunterschiede der einzelnen grauen Bezirke nach, die man vorläufig als gegebene Thatsachen annehmen muss, zu deren irgend befriedigender Erklärung aber uns jeder Zugang eben so verschlossen ist, wie der zur Erläuterung der Wirkungsweise der Ganglienkugeln bei der Verarbeitung der Sinneseindrücke, der Schöpfung der Willensbefehle und der anderen Leistungen, die wir unter dem Namen der geistigen Thätigkeiten zusammenfassen.

III. Ausmessung der Nervenwirkungen.

1. Muskeln und Bewegungsnerven.

a) Bestimmungen durch physiologische Beobachtungen und Versuche.

§. 296. Führt die Reizung eines Bewegungsnerven zur Muskelzusammenziehung, so hängt die Längenabnahme nicht bloss von der Erregungsstärke, die das Nervenmark trifft, sondern auch von der gleichzeitigen Beschaffenheit dieses und der Muskelmasse ab. Die gegenseitige Beziehung der augenblicklichen Mischung des Nervenmarkes und der Muskelfaser bestimmt es, welches Aequivalent der Muskelverkürzung für eine gewisse wirkende Erregungsgrösse des Nerven (§. 215.) zum Vorschein kommt. Man muss daher mit den Eigenschaften der Muskelmasse bekannt sein, um die Einflüsse der Bewegungsnerven beurtheilen zu können.

§. 297. Die frische reizbare Muskelmasse ist durchsichtiger, als die abgestorbene, der Todtenstarre verfallene. Der Unterschied verräth sich schon unmittelbar bei der mikroskopischen Untersuchung dünner Lagen von Muskeln, vorzugsweise der Säugethiere oder der Vögel. Da subjective, von vorgefassten Meinungen getragene Täuschungen unter solchen Verhältnissen leicht blenden, so kann ein genauerer Nachweis der Sache nur wünschenswerth erscheinen.

Man bringt eine dünne Muskelschicht, die parallel verlaufende Fasern hat, zwischen zwei Glasplatten und schaltet diese zwischen dem Objecttisch des Mikroskopes und einem mikroskopischen Gegenstande, der feine Linien, Streifen, Körner oder andere Zeichnungen

nicht bei hellem, aber bei trüberem geradem (also nicht nothwendigerweise schiefem) Lichte zeigt. Hierher gehören z. B. feine durch Falten oder Fasern erzeugte Linien im Bindegewebe, die Strahlen der Knochenkörperchen in dem durch Salzsäure dargestellten Knochenknorpel, die körnerähnlichen Elemente der Grundmasse des ächten Knorpels kleinerer Säugethiere. Lässt man das Ganze so lange unverändert, bis die Muskelfasern abgestorben sind, so wird man dann die erwähnten Zeichnungen bei ungefähr gleicher äusserer Lichtstärke deutlicher wahrnehmen, weil die todte Muskelmasse ein trüberes Mittel, als die frische reizbare bildet. Ist die Lage zu dick oder wird sie zu undurchsichtig, so verschwinden umgekehrt feine Zeichnungen, die früher kenntlich waren.

§. 298. Dasselbe bestätigt sich an dem Spectroskope. Man bringt die dünne zwischen zwei ebenen Gläsern eingeschlossene Muskelplatte vor die Eintrittsspalte des Lichtes und stellt das Schwefelkohlenstoffprisma unter dem Winkel der kleinsten Ablenkung für Grün ein, sobald eine grössere Lichtstärke benutzt wird. Man sieht dann nicht bloss E und b nach der Fraunhofer'schen Bezeichnungsweise zwischen den Linien D und F, sondern noch eine grössere oder geringere Menge feinerer Linien im Grün. Diese werden undeutlicher, so wie sich die Muskelmasse in Folge der Selbstzersetzung trübt. Man muss die Eintrittsspalte des Spectroskopes erweitern, um jene Linien wieder zu erhalten. Ist aber die äussere Lichtstärke zu gering oder die Trübung zu gross, so führt dieses Mittel nicht zum Ziele. Man ist genöthigt, die Eintrittsspalte zu weit zu machen. Eine zu grosse Zahl von Spectren legt sich dann über einander. Das Gesammtspectrum wird daher unreiner und lässt zuerst die feineren und später selbst die stärkeren Linien nicht mehr erkennen.

Steht eine geringere äussere Lichtstärke zu Gebote oder ist die Muskelschicht dicker, so stellt man das Schwefelkohlenstoffprisma auf den Winkel der geringsten Ablenkung für Gelb ein und nimmt die zu ihr gehörende D Linie als Entscheidungsmerkmal. Das Gelb hat die verhältnissmässig grösste Lichtstärke unter allen Farben, die das Sonnenlicht liefert.

Die für die gleiche Deutlichkeit der betrachteten Spectrallinie nöthige Breite des Eintrittsspaltes des Spectroskopes wird im Allgemeinen unter sonst gleichen Verhältnissen mit der Trübung der Muskelmasse zunehmen. Man stösst aber in dieser Hinsicht auf einen Uebelstand, der die nöthige Zuverlässigkeit den Maassbestim-

mungen entziehen kann. Arbeitet man nicht mit Muskellagen, die rasch absterben, so ändert sich indessen die äussere Lichtstärke, so wie die photometrische Empfindlichkeit des Gesichtswerkzeuges des Beobachters.

§. 299. Der Stenson'sche Versuch, die Unterbindung der Aorta eines Säugethieres unterhalb des Abganges der Nierenschlagadern und die hierdurch erzeugte, oft nicht ganz vollständige Hemmung der Blutzufuhr zu den Hinterbeinen, lähmt den Willenseinfluss auf die Muskeln derselben. Die Trübung der Fasern scheint bisweilen zuletzt ebenfalls einzutreten. Sie erreicht einen sehr hohen Grad in Muskelmassen, die durch siedende Flüssigkeiten der Kochung oder der Wärmestarre entgegengeführt worden. Die sogenannte Gerinnung der Muskelmasse ist in diesem Falle nachdrücklicher, als während der Todtenstarre. Sie verräth sich auch durch eine bedeutendere Brüchigkeit und Sprödigkeit. Die Muskeln erscheinen bei der Wärme- und der Todtenstarre verkürzt, halten daher oft die Glieder in Beugung und reissen nicht selten ein, so wie Streckversuche von hinreichender Kraftgrösse angestellt werden.

§. 300. Die sich selbst überlassenen, von ihren Ansatzpunkten losgetrennten Muskeln sind immer kürzer, als derjenigen natürlichen Entfernung ihrer Ansatzpunkte entspricht, die man für die mittlere Stellung der Theile annehmen kann, und natürlich noch kürzer als die, welche bei der kräftigsten Wirkung der Antagonisten zum Vorschein kommt. Hieraus folgt, dass die in natürlicher Anheftung befindlichen Muskeln während des Ruhezustandes wie Violinsaiten durch Zugkräfte ausgespannt sind. Schneidet man sie an einer oder an beiden Seiten durch, so springen sie elastisch zurück. Diese den Chirurgen durch die Amputationen bekannte Erscheinung beruht auf keiner Wirkung lebendiger Zusammenziehung. Sie ist nur die Folge der Elasticität der Muskelfasern und zeigt sich, man möge die Masse des Muskels oder die Sehnen desselben getrennt haben.

§. 301. Die Untersuchung unter schwachen Vergrösserungen lehrt, dass sich die elastisch zurückgezogenen Muskelfasern nicht wie eine gesprungene feine Violinsaite schraubenförmig zusammenrollen, sondern Zickzacke bilden. Diese kommen in quergestreiften Muskelfasern häufig vor. Man sieht sie aber auch bisweilen in dünnen Lagen der einfachen Muskelmassen des Magens z. B. des Frosches.

§. 302. Die frischen sehr reizbaren Muskelfasern liefern die Zickzacke am häufigsten. Sie erscheinen immer seltener im Laufe

der Todeszersetzung und fehlen zuletzt gänzlich. Dasselbe gilt auch von den Umstülpungen nach aussen oder den Biegungen gegen die Mitte hin, welche die Nachbarschaft der Durchschnittsenden der Muskelfasern so häufig darbietet, die bisweilen in frischen Muskeln oder bei dem Eintrocknen und selbst in der Todenstarre wiederum schwinden, sich bisweilen aber auch erhalten. Es ergibt sich hieraus, dass sich die elastischen Eigenschaften der Muskelfasern mit dem Absterben ändern.

§. 303. Die Zickzackbiegungen verlaufen häufig fast genau parallel in einer grossen Reihe der lebenskräftigen und noch reizbaren Muskelfasern. Sie können jedoch auch in benachbarten Fasern ganz frischer oder schon etwas älterer Muskelmassen unter einander abweichen.

Fig. 12.



§. 304. Denken wir uns *abcde* Fig. 12. stelle die Zickzackbiegungen eines Längenstückes der Muskelfaser dar, so wird die Summe von *ab*, *bc*, *cd* und *dé*, die wir kurz als $\Sigma(ab)$ bezeichnen wollen, anzeigen, wie lang die Faser unter den gleichen Verhältnissen ohne die Zickzackbiegungen wäre. Misst man diese Längen und die Entfernung *ae* mittelst eines in der Blendung des Oculares des Mikroskopes befindlichen Mikrometers, so wird $\frac{ae}{\Sigma(ab)}$ den Coëfficienten der elastischen Verkürzung ausdrücken. Der Unterschied $\Sigma(ab) - ae$ gibt die Längenabnahme, welche die Bildung der Zickzackbiegungen herbeigeführt hat.

§. 305. Man kann auch die Winkel *abc*, *bcd*, *cde* als ein Maass der Längenabnahme ansehen. *ac* ist um so kleiner, je mehr sich der Winkel *abc* der Null und um so grösser, je mehr er sich 180° nähert. Diese Winkel lassen sich auf zwei Arten bestimmen. Die an dem Mikroskop gebrauchten Vorrichtungen, Winkel zu messen, z. B. die von Frankenheim und Schmidt oder das Goniometer von Leeson sichern zwar nie vor Fehlern, die bis mehrere Grade steigen können; sie genügen aber dessen ungeachtet für die Annäherungsbestimmungen unseres Falles. Das zweite Verfahren besteht darin, die drei Seiten *ab*, *bc* und *ac* zu messen und hieraus den Winkel *abc* nach der bekannten Formel der ebenen Trigonometrie zu berechnen. Die Summe der Winkel einer Faser getheilt durch die Zahl dieser Winkel wird eine mittlere Winkelgrösse geben, die man als Durchschnittsmaass der Zickzackbildung ansehen kann.

Die Winkel abc, bcd, cde können alle Stufen zwischen Null und 180° durchlaufen. Bestimmt man aber ihre Grössen in ganz frischen Muskelfasern der Säugethiere und der Frösche, so findet man häufig, dass sie rechten Winkeln mehr oder minder nahe stehen. Die Längen der beiden Schenkel weichen bisweilen nicht wesentlich von einander ab, so dass abc ein rechtwinkeliges und gleichschenkeliges Dreieck bildet. Man hat also für diesen Fall $ac = ab\sqrt{2}$ und für den Verkürzungscoëfficienten $\frac{ac}{2ab} = 2^{-\frac{1}{2}} = 0{,}71$. Die zickzackförmig gebogene Faser besitzt dann $^7/_{10}$ der Länge, die sie ohne die Biegungen unter sonst gleichen Verhältnissen darbieten würde.

§. 306. Ed. Weber bewies zuerst, dass diese Zickzacke keinem Ausdruck der lebendigen Verkürzung, sondern einer blossen Elasticitätswirkung entsprechen. Lässt man die Schläge des Magnetelektromotors durch eine reizbare Muskelmasse gehen, so schwinden die Zickzacke gänzlich, so wie eine kraftvolle Zusammenziehung eingreift. Die Muskelfasern bilden dann gerade Cylinder, die kürzer als die Linie ae Fig. 12 werden können. Ist die Empfänglichkeit geringer, so verlieren sich die Zickzackbiegungen nicht gänzlich. Der Winkel abc vergrössert sich aber. Eine Verkleinerung desselben, die ebenfalls vorzukommen vermag, rührt von einer Ortsveränderung her, die durch benachbarte zusammengezogene Fasern bewirkt wird.

§. 307. Viele Beobachter bemerkten eine gegenseitige Annäherung der Querstreifen der Muskelfasern während der Zusammenziehung. Remak, der diese Erscheinung läugnet, sucht die Verkürzungsmasse vorzüglich in dem Innern der Muskelfaser. Kühne betrachtet sie als eine halbflüssige Substanz, die ihre Gestalt leicht ändert.

§. 308. Während die Untersuchung der Zickzackbiegungen über die Elasticität der einzelnen Muskelfasern belehrt, lässt sich die des ganzen Muskels prüfen, indem man ihn an dem einen Ende befestigt, nach und nach mit verschiedenen Gewichten an dem anderen beschwert und die einem jeden derselben entsprechende Länge bestimmt. Hat man ein Muskelstück mit geraden und daher einander parallelen Fasern, so wirkt der ganze Zug auf jede derselben gleichartig, so wie die Vorrichtung passend eingerichtet worden. Besteht dagegen der Muskel aus Fasern, die unter ungleichen Neigungen schief gegen die Zugrichtung verlaufen, so wirkt nur eine von dem

Neigungswinkel abhängige Componente auf die Faser. Da aber dieser von Faser zu Faser wechselt, so fehlt auch hier die Einfachheit der Wirkung, welche die parallelfaserigen Muskeln darbieten. Selbst die letzteren liefern oft noch verwickelte Ergebnisse, weil sich die Elasticität von Faser zu Faser ändert, wie die Zickzackbiegungen lehren. Man misst daher nur das Gesammtergebniss einer Reihe von Wirkungen verschieden elastischer Fasern. Hängt der Ausschlag von denen, welche den grössten Widerstand leisten, ab, so ist es nach Verschiedenheit der Verhältnisse eben so gut, als wenn die anderen Fasern gar nicht da wären oder nur einen Nebeneinfluss ausübten. Die Hauptwirkung des ziehenden Gewichtes gestaltet sich so, als wenn es auf eine Muskelmasse von weniger Fasern, also von kleinerem Querschnitt, aber von durchgehends unausdehnbaren Elementen wirkte. Rechnet man noch dazu, dass sich die Elasticität der Muskeln mit der nach dem Tode verflossenen Zeit und der etwa eingetretenen Verkürzung und zwar für die verschiedenen Fasern ungleich ändert, so wird sich aus den Messungen keine so scharfe Formelbestimmung herleiten lassen, als aus ähnlichen Versuchen, die man an den gleichartigeren und beständigeren unorganischen Massen angestellt hat.

§. 309. Die gewöhnliche Definition des Elasticitätsmoduls oder des Elasticitätscoëfficienten lässt ihn derjenigen auf die Querschnittseinheit bezogenen Gewichtsgrösse entsprechen, die als Zug wirkend die Länge des entsprechenden Körpers verdoppeln und als Druck thätig dieselbe auf die Hälfte zurückführen würde. Man muss dabei voraussetzen, dass die Verlängerung des Zuges oder die Verkürzung des Druckes diesem selbst bis zur Verdoppelung oder Halbirung der Länge proportional bleibt — eine Bedingung, die wahrscheinlich für keinen Körper in der Wirklichkeit erfüllt wird. Es ist daher passender, den Elasticitätsmodul als den nur von der Massenbeschaffenheit des Körpers abhängigen beständigen Coëfficienten anzusehen, der als Theiler des wirkenden Zuggewichtes eine so kleine Verlängerung anzeigt, dass man bloss die erste Potenz desselben zu berücksichtigen braucht und die höheren vernachlässigen kann. Diese entspricht dann natürlich dem reciproken Werthe des Elasticitätsmoduls für die Einheit der Zuggrösse[1]), d. h. die Verlängerung selbst wird um so kleiner ausfallen, einen je grösseren Werth der Elasticitätsmodul besitzt.

[1]) Siehe A. Clebsch, Theorie der Elasticität fester Körper. Leipzig 1862. 8. S. 6.

§. 310. Nennt man im gewöhnlichen Leben einen ausdehnbareren elastischen Körper, wie Kautschuk einen sehr elastischen, so widerspricht dieses der mathematischen Auffassungsweise der Wirksamkeit elastischer Kräfte. Ein solcher Körper lässt sich leichter dehnen, weil sein elastischer Widerstand kleiner, sein Elasticitätscoëfficient geringer ist.

§. 311. Man bestimmt die Längenveränderungen des Muskels auf dreierlei Weise. ED. WEBER hängt ihn senkrecht auf, befestigt an seinem unteren Ende eine Wagschale, beschwert sie mit verschiedenen Gewichten und rechnet deren eigenes Gewicht nebst dem der Aufhängungsvorrichtung zu diesem hinzu. Er zieht durch den unteren Theil des Muskels einen langen wagerechten Coconfaden, der sich beiderseits um zwei Stifte schlingt und mit je einer Stecknadel an dem folgenden senkrechten Theile beschwert ist. Dieser spielt vor einer Scala, die man mit dem Fernrohre beobachtet, um sich so vor allen Parallachsenfehlern oder vor denjenigen Täuschungen der Ablesung zu schützen, die durch die höhere oder tiefere Stellung des Auges des Beobachters entstehen. WUNDT befestigt eine Schutzschale unter dem senkrecht hängenden Muskel, unterhalb dieser eine Scala, dann die Wagschale für die Gewichte und endlich unterhalb derselben einen in ein Oelgefäss tauchenden Windfang. Der Letztere hat zum Zweck, den Drehungen nach dem Auflegen der Gewichte Widerstand zu leisten. Der wagerechte Faden der Kreuzfäden eines Ablesungsfernrohres wird auf die Scala gerichtet. Ein drittes Verfahren besteht endlich darin, dass man den Muskel wagerecht liegen lässt, an seinem oberen Ende befestigt, an dem anderen dagegen in eine Klemme bringt, von welcher ein über eine Rolle gehender Faden zur Wagschale führt. Eine mit senkrechten Linien versehene Millimeterscala von Glas steht vor dem Muskel und wird mit dem Fernrohre beobachtet. Diese Einrichtung hat den Vortheil, dass man z. B. den nur von dem einen seiner beiden Ansätze losgelösten Muskel eines sonst unversehrten Thieres ohne grosse Mühe untersuchen kann.

§. 312. Man sagt, dass der Muskel seine natürliche Länge besitzt, wenn er kein äusseres ihm angehängtes Gewicht trägt, wenn also jeder Querschnitt seiner Masse nur mit der Summe der unter ihm liegenden Querschnitte belastet ist. Der ganz frische Muskel bietet oft verschiedene natürliche Längen dar. Dieses rührt davon her, dass sich seine Zickzackbiegungen allmählich ausgleichen

oder dass er dann nicht eben, sondern gekrümmt verläuft. Es ist daher immer vortheilhafter diejenige Länge als Ausgangspunkt zu wählen, die nach einer so kleinen Belastung auftritt, dass sie die etwa vorhandenen Zickzackbiegungen und Krümmungen beseitigt, ohne jedoch die Muskelfasern irgend stark zu dehnen. Man sucht mit einem Worte künstlich denjenigen Zustand herbeizuführen, welcher der Spannung des erschlafften Muskels während seiner Anheftung im unversehrten Körper entspricht (§. 300.). Die Länge, die er dann bei grösseren Beschwerungen annimmt, bildet die Dehnungslänge und die hierdurch bewirkte Zunahme im Vergleich zur ursprünglichen Länge die Dehnungsgrösse oder die Dehnung überhaupt.

§. 313. Ist l die Länge, die der Muskel bei der Belastung p und l', die, welche er bei der Beschwerung p' darbietet, so hat die Gewichtsänderung $p' - p$ die Dehnungsgrösse $l' - l$ und die verhältnissmässige Dehnung $\frac{l'-l}{l} = \frac{l'}{l} - 1$ erzeugt. Fällt der letztere Werth so klein aus, dass man die höheren Potenzen desselben hinweglassen kann (§. 309.) und betrachtet man die Muskelmasse als gleichartig, so ergibt sich für ihren auf die Einheit des Querschnittes bezogenen Elasticitätsmodul $E = \frac{p'-p}{q} \cdot \frac{l}{l'-l}$, wenn q den Querschnitt bezeichnet. Da aber die verschiedenen Muskelfasern nicht gleichartig sind und der Elasticitätscoëfficient mit dem Absterben, folglich auch mit den durch die Zuggewichte bewirkten Misshandlungen wechselt, so können Zahlenwerthe des Elasticitätscoëfficienten, die auf diesem Wege erhalten werden, keinen befriedigenden Grad von Zuverlässigkeit besitzen. Dieser Ausspruch gilt nicht bloss für die Muskeln, sondern auch für die meisten anderen Thiergewebe. Man muss es daher als erste Annäherungen betrachten, wenn sich z. B. der Elasticitätscoëfficient der Muskelmasse des Rindes zu 273,4, der des Nerven des Kalbes zu 1090,5, der Sehne desselben zu 1669,3 und der Schlagaderwände zu 72,6 für den Quadratmillimeter und das Gramm in den Versuchen von WUNDT[1]) ergeben hat.

§. 314. Die Verlängerungen der Muskelfasern und der anderen faserigen Thiergewebe wachsen nur bei kleineren Belastungen diesen ungefähr proportional. Sie nehmen dagegen bei stärkeren Beschwerungen weniger, als die Gewichte zu. WUNDT fand, dass die Pro-

[1]) Siehe z. B. W. WUNDT, Lehrbuch der Physiologie d. Menschen. Erlangen 1864. S. S. 60.

tionalität der Verlängerungen und der kleinen Zuggewichte in em ganz frischen Froschmuskel vorhanden sein und wenige iuten darauf fehlen kann. Vorsichtig isolirte, aber nicht völlig geschnittene Muskeln liefern das gleichartige Verhältniss eher, völlig losgetrennte. Es kann durch die Misshandlung und das sterben überhaupt aufgehoben werden. Der frische Muskel besitzt en kleineren Elasticitätscoëfficienten, als der abgestorbene. WUNDT ielt z. B. 94,3 für jenen und 157,3 für diesen. Der Modul wächst, wie der Blutlauf im Muskel eine Zeit lang aufgehoben worden. Todtenstarre vergrössert ihn, und zwar oft in den Säugethieren, en Starre ausgesprochener ist, bedeutender als in den Fröschen. spätere Fäulniss lässt wieder die Dehnbarkeit zunehmen. Elasticität wird aber zugleich unvollkommener, so dass die ch die aufgehängten Gewichte erzeugten Verlängerungen über nach der Entfernung derselben eintretenden Verkürzungen vorrschen. Eine ähnliche Veränderung kann in frischen Muskeln ch kaustisches Kali herbeigeführt werden. Weingeist dagegen setzt Dehnbarkeit derselben auf der Stelle in hohem Grade herab. NDT fand schon eine beträchtliche Vergrösserung des Elasticitätsfficienten, wenn die Einwirkung des Weingeistes nur einige Secun- angehalten hatte. HARLESS gibt an, dass man eine Abnahme Moduls des Muskels durch nicht allzu kleine Mengen von chsäure herbeiführen kann. Die Säurebildung und nicht die innsel, die sich bei der Todtenstarre erzeugen sollen, führen hier Veränderung herbei.

§. 315. Die ungehinderte Zusammenziehung macht den Muskel, s WEBER zuerst fand, weicher. Sie setzt also den Elasticitätsfficienten der Muskelmasse herab. Lässt man die Schläge des gnetelektromotors durch einen Muskel längere Zeit gehen, so führt immer wachsende Ermüdung ein meist mit abnehmender Geswindigkeit und oft sprungweise vor sich gehendes Sinken der rkürzung des Muskels herbei. Hebt man die elektrische Erregung t dann auf, wenn er die ursprüngliche Länge wiedererhalten, verlängert er sich noch mehr, so wie das Spiel des Magnetelekmotors unterbrochen worden, weil das unverändert gebliebene lastungsgewicht den indessen weicher gewordenen Muskel mehr, s früher ausdehnt. Ist es nicht so gross, dass hierdurch die Ersung unmöglich gemacht wird, so steigt es später langsam empor, eil der von der Ermüdung ausruhende Muskel einen grösseren lasticitätscoëfficienten wieder gewinnt. Man sieht dieses am besten,

wenn man die Beobachtung an dem nur enthirnten Frosche, mithin bei Fortdauer des Blutlaufes nach dem §. 311 erwähnten dritten Verfahren anstellt und die Muskellänge auf die später zu schildernde Weise aufzeichnen lässt. Wiederholt man den Versuch an dem todten Muskel, so fehlt die von der Erweichung herrührende Verlängerung, man mag die Schläge des Magnetelektromotors noch so lange durchleiten. Sie mangelt auch nach WUNDT, wenn der Muskel mit so bedeutenden Gewichten beschwert worden, dass er sich trotz der kräftigsten elektrischen Reizung nicht zusammenzieht und unzweifelhaft auch einen nicht unbedeutenden Theil seiner Lebenseigenschaften eingebüsst hat. Die Zuckungen können noch die Elasticität unvollkommener machen, so dass der durch ein mässiges Gewicht gedehnte Muskel eine verhältnissmässig nicht unbedeutende Verlängerung beibehält, wenn auch die Belastung entfernt worden.

§. 316. Hat man einen beständigen Strom durch den Bewegungsnerven oder den Muskel eine Zeit lang geleitet, so bemerkt man nach der Oeffnung der Kette, dass der Elasticitätscoëfficient abgenommen. Dieses Ergebniss wechselt nur quantitativ, je nachdem bloss eine Schliessungs- oder zugleich eine Oeffnungszuckung eingetreten ist und der Muskel während der Dauer des Geschlossenseins der Kette erschlafft oder verkürzt blieb. Die Erweichung vergrössert sich mit der Stärke und mit der Dauer der Zusammenziehung, jedoch in keinem direct proportionalen Verhältnisse. Sie ist wiederum oft mit einer grösseren Unvollkommenheit der Elasticität verbunden.

§. 317. Die graphische Darstellung der Veränderungen, welche der Muskel durch Zuggewichte und während der Verkürzung erleidet, gewährt den Hauptvortheil, dass man auch die zeitlichen Beziehungen des Wechsels in anschaulicher Weise durch passende Methoden aufgezeichnet erhält. Die auf diese Art gewonnenen Linien verewigen überdiess gleichsam die Einzelversuche, machen die Ermittelung der den kleinsten Zeitunterschieden entsprechenden Veränderungen möglich und gestatten natürlich die genauere Prüfung der Ergebnisse zu beliebigen späteren Zeiten.

Das eine Ende des sonst befestigten Muskels wird hier mit einer Schreibvorrichtung verbunden, so dass diese jede Längenveränderung in einer Zeichnung wiedergibt. Hat man passende Führungen, so kann man die schärfsten Curven durch einen feinen mit rother Dinte getränkten Pinsel auf glattem Papier erhalten, ohne dass dieser durch Schiefstellung der Haare kehrt. Dasselbe gelingt

ebenfalls, wenn man die Oberfläche des Papieres durch den Rauch einer Terpentinölflamme schwärzt und ein Haar zum Aufschreiben braucht. Diese Curven werden dadurch fixirt, dass man eine auf der Rückseite des Papieres ausgegossene Schicht von weingeistigen Mastixfirniss trocknen lässt. Man kann sie endlich mit einem fein zugespitzten Stahlstifte auf berusstem Glase aufschreiben lassen und dann auf schwach befeuchtetem Gallertpapier abdrucken. Dieses wird hernach mit seiner Druckseite auf Pappdeckel geklebt.

§. 318. Die einfacheren hierher gehörenden Vorrichtungen, wie z. B. das Pflüger'sche Myographion, besitzen kein Uhrwerk, das die Glastafel, auf welche aufgeschrieben wird, fortbewegt. Bleibt diese ruhig, wie in den gewöhnlichen, mit diesem Apparate angestellten Versuchen, so wird nur der grösste Längenunterschied, der zu irgend einer Zeit vorhanden war, durch eine aufsteigende Linie angezeigt. Man weiss daher nicht, wie die Veränderung in dem zeitlichen Verlaufe zu- oder abgenommen hat, ob sie stetig oder ruckweise, ob sie in mehrfachen Auf- und Niedergängen oder auf ein Mal erfolgte. Lässt man die Glastafel durch ein fallendes Gewicht, also mit beschleunigter Geschwindigkeit oder von freier Hand fortrücken, so ist die Bewegung so ungleichförmig, dass man keine irgend sicheren Zahlenwerthe der Zeiten erhalten kann.

§. 319. Die vollständige Aufgabe besteht darin, den Körper, auf dem die Curven geschrieben werden sollen, mit völlig gleichförmiger Geschwindigkeit zu bewegen. Die Mechanik kann dieses Problem nur annähernd lösen. Es handelt sich nämlich hier nicht um ein regelmässig periodisches Eingreifen in eine beschleunigte Bewegung, wie bei den Pendeluhren, oder den durch die allmähliche Entspannung einer Feder und die periodischen Schwingungen der Unruhe gehenden Taschenuhren, sondern um eine zu allen Zeiten gleichartige Bewegung. Die Regulation mit gewöhnlichen Windfängen, die in der Luft oder in einem stärker widerstehenden Mittel, wie z. B. Oel, laufen, reicht nicht aus, weil der von ihnen erzeugte Widerstand jenseit einer bestimmten Geschwindigkeitsgrösse der Drehung weniger zunimmt, als die durch das Fallen des treibenden Gewichtes erzeugte Beschleunigung. Man sucht z. B. diesen Uebelstand dadurch zu verbessern, dass man die Windfangflügel beweglich macht, ursprünglich schief stellt, und sie durch Federn hält, die eine weitere Oeffnung bei bedeutenderer Schnelligkeit der Umdrehung einleiten und daher auch grösseren Widerstand erzeugen. Eine andere Einrichtung besteht darin, dass die Achse, an der sie befestigt sind, einen

Stift um so kräftiger gegen eine elastische Platte drückt und daher die Reibung um so mehr vergrössert, je schneller die Drehung wird. Da diese Regulation der Beschleunigung des die Drehung bewirkenden Gewichtes, nicht aber den immer vorhandenen Ungleichheiten der einzelnen Zähne der Räder und der Getriebe entgegenarbeitet, so hat man noch ein Schwungrad hinzugefügt, um die durch den letzteren Umstand erzeugte Unregelmässigkeit zu beseitigen. Man bedient sich auch zu demselben Zwecke des conischen Pendels oder des Çentrifugalpendels, wie man es bei den Dampfmaschinen hat, dessen Kugelarme mit zunehmender Geschwindigkeit weiter auseinandergehen. Allein alle diese Mittel, sowie die von HIPP in seinem Chronoskope angebrachte Regulation durch eine schwingende Feder können die Ungleichheiten der Umgänge nur bedeutend herabsetzen, nicht aber vollkommen beseitigen. Der Versuch, eine Sirene als Triebwerk zu benutzen, aus der Höhe des Tones die Umdrehungsgeschwindigkeit zu bestimmen und aus dem Gleichbleiben dieser Tonhöhe auf die Unveränderlichkeit derselben zurückzuschliessen, dürfte seine Gefahren für die meisten Beobachter haben, da wohl nur die wenigsten ein so feines musikalisches Gehör besitzen, als diese Einrichtung voraussetzt.

§. 320. Das Ludwig'sche Kymographion, wie es gewöhnlich verfertigt wird, enthält einen Holz- oder Blechcylinder, der sich um eine senkrechte Achse dreht. Es gibt aber eine Einrichtung desselben, bei der man auch den Cylinder um eine wagerechte Achse mit grösserer oder kleinerer Geschwindigkeit gehen lassen kann. Das Helmholtz'sche Myographion enthält einen Glascylinder, der sich mit grosser Schnelligkeit um eine senkrechte Achse dreht. Die von mir gebrauchte Vorrichtung (Fig. 8. S. 86.) führt einen Cylinder oder eine Scheibe von Glas, die sich um eine beliebige der senkrecht oder wagerecht gestellten fünf Achsen des Uhrwerkes drehen kann. Die Umdrehungszeiten verhalten sich dabei, wie

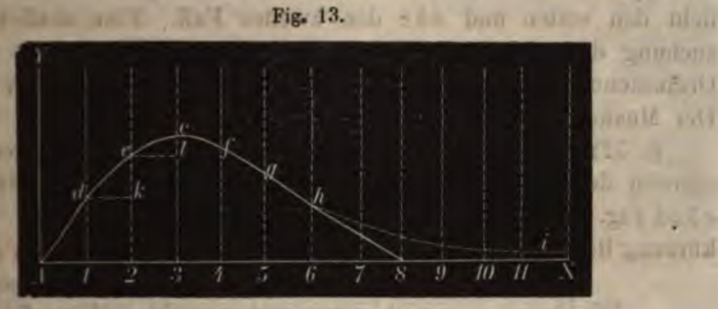
10000 : 1000 : 100 : 10 : 1.

Die Abscissen, auf die sich die aufgezeichneten Curven in diesen einzelnen Fällen beziehen, fallen demgemäss verschieden aus.

§. 321. Wird eine Glasplatte längs einer geraden Linie verschoben oder ein Cylinder um seine Achse gedreht, so beschreibt der von dem ruhenden Muskel geleitete Stift eine gerade Linie AX Fig. 13. Bewegt sich dabei die Platte oder der Cylinder mit gleichförmiger Geschwindigkeit, so entsprechen die unter sich gleich

grossen Linien $A1$, 12, 23 u. s. f. gleichen Zeittheilen. Zeichnet der Muskel die Curve $Ac8$ während seiner Zusammenziehung auf, so wird $A8$ der Dauer der Zeitsumme der **steigenden** und der


Fig. 13.



fallenden Verkürzung, jener als Zusammenziehung überhaupt bezeichneten Veränderung und der Erschlaffung, der von Ac und $c8$ entsprechen. Die Ausmessung derselben erfolgt am einfachsten durch ein rechtwinkeliges Coordinatensystem AX und AY, bei dem AX die Zeitabscisse und die Ordinaten $1d$, $2e$, $3c$, $4f$ u. s. w. die den einzelnen willkürlich gewählten Zeiteinheiten entsprechenden Verkürzungsgrössen oder Hubhöhen des Muskels bezeichnen. Die grösste derselben, die dem Gipfelpunkte c entspricht, bildet den **Pfeil der Curve**. Der Quotient einer Ordinate und der entsprechenden Zeitabscisse, also $\frac{1d}{A1}$, $\frac{2e}{A2}$ u. s. f. drückt die **Geschwindigkeit** aus, mit der der Muskel den entsprechenden Grad der Verkürzung oder die Höhenpunkte d, e u. s. w. erreicht hat. Vergleicht man in Fig. 13. den der steigenden Zusammenziehung zugehörenden Bruch $\frac{3c}{A3}$ mit dem, welchen die Erschlaffung liefert, mit $\frac{3c}{38}$, so sieht man, dass die letztere langsamer vor sich geht, weil die Erreichung des Gipfelpunktes bei dem Ansteigen nur 3 und die Absenkung von diesem zur Abscisse 5 Zeittheile fordert. Zieht man dk und el parallel der Abscissenachse AX, so zeigt sich, dass hier $1d$ grösser als ke und ke grösser als lc ist. Der Unterschied zweier benachbarter Ordinaten fällt in der Fig. 13. gezeichneten Muskelcurve um so kleiner aus, je längere Zeit seit dem Beginne der Zusammenziehung verflossen ist. Die steigende Verkürzung erfolgt mit abnehmender Geschwindigkeit, weil $\frac{d1}{A1} > \frac{ke}{12} > \frac{cl}{23}$ ist. Da die Winkel Adk und

Ael < 180°, so ist die Curve gegen die Abscissenachse *AX* concav. Sie würde in dieser Richtung convex erscheinen, die Zusammenziehung würde mit beschleunigter Geschwindigkeit vor sich gehen, wenn jene Winkel > 180° wären. *Ade* Fig. 1. S. 49. versinnlicht den ersten und *abc* den zweiten Fall. Eine ähnliche Untersuchung der abfallenden Curventheile *c*8 Fig. 13. lehrt, dass die Ordinatenunterschiede mit dem Verflusse der Zeit kleiner werden. Der Muskel erschlafft also mit sinkender Schnelligkeit.

§. 322. Dreht sich eine Scheibe senkrecht oder wagerecht, so schreibt der mit dem ruhenden Muskel verbundene Stift einen Kreis *abcd* Fig. 14. auf. Dieser bildet also hier die Zeitabscisse. Die Verkürzung liefert die Form *efg*, wenn der in radialer Richtung gezogene Schreibstift während der Zusammenziehung nach aussen ausweicht. Wie die Muskelcurven mit geradlinigter Zeitabscisse durch rechtwinkelige, so werden die mit kreisförmigen durch Polarcoordinaten ausgemessen. Man sucht zuvörderst den Mittelpunkt des Kreises, der wegen der Befestigung der Scheibe an der Drehungsachse nicht unmittelbar gegeben ist. Zwei beliebige Sehnen *ad* und *cd* werden halbirt. Der Durchschnittspunkt *h* ihrer in den beiden Halbirungspunkten errichteten Senkrechten *kh* und *ih* ist der Mittelpunkt. Man nimmt den dem Anfangspunkte *e* der Muskelcurve entsprechenden Halbmesser *he* als feste und den zu einem einzelnen Curvenpunkte *m* oder *f* gehenden Fahrstrich oder Radiusvector *hm* oder *hf* als bewegliche Achse. Nennt man den Kreishalbmesser *r* und den Fahrstrich *R*, so gibt $R-r$ die Hubhöhe.

Fig. 14.



Die Gleichung einer ebenen Curve mit geradlinigter Abscisse hat die Form $F(x, y, c) = o$ und die mit kreisförmiger die $f(r, \varphi, C) = o$. Hier bezeichnet F eine bestimmte Function, welche die Constante c und f eine andere Function, welche die Constante C enthält. x und y sind die laufenden rechtwinkeligen Coordinaten, der Einzelwerth einer Abscisse und einer entsprechenden Ordinate. r drückt den Halbmesser *he* Fig. 14. des die Zeitabscisse bildenden Kreises und φ die Anomalie oder den Winkel aus, den die feste Achse *he* mit der beweglichen *hm* oder *hf* bildet, also $\angle ehm$ oder $\angle ehf$. Setzt man $x = r \cos. \varphi$ und $y = r \sin. \varphi$, so lässt sich $F(x, y, c) = o$ in $f(r, \varphi, C) = o$ und umgekehrt überführen.

Die Ungleichförmigkeit der Bewegung des Uhrwerkes, und die durch die unvermeidlichen Reibungen bedingten Fehler rauben den Muskelcurven denjenigen Grad von Genauigkeit, der nöthig wäre, um eine zuverlässige Gleichung aus der Ausmessung einer Reihe von Abscissen x und Ordinaten y oder von Fahrstrichen r und Anomalieen φ zu bestimmen. Hätte man aber auch nur Annäherungsausdrücke für beide Fälle gefunden, so würden sich diese durch die erwähnten Grundformeln auf einander zurückführen lassen. Man begnügt sich gewöhnlich, die Längen hm, hf Fig. 14. zu messen, die Hubhöhen durch die Differenzen dieser Grössen und der Halbmesser he, hn, hb zu bestimmen und die Zeiten aus den Verhältnissen der Bogenlängen en, eb zu dem ganzen Umkreise auszurechnen.

§. 323. Die graphische Darstellung gewährt den Vortheil, dass alle Zustände, die einem kleinen Bruchtheile einer Secunde entsprochen haben, der Untersuchung für immer zugänglich bleiben. Man muss aber bei der Beurtheilung der Curven stets berücksichtigen, dass die Reibungen den Stift um so mehr zurückhielten, je nachdrücklicher sie sich geltend machten. Sollte es möglich werden, die Curve durch eine photographische Einrichtung oder mittelst des Durchschlagens und Durchbrennens elektrischer Funken herzustellen, so würde dieser Uebelstand wegfallen.

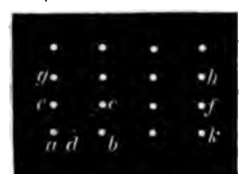
§. 324. Die kurz anhaltende Schliessungs- oder Oeffnungszuckung liefert die in Fig. 13. und Fig. 14. dargestellten Muskelcurven. Es könnte einen doppelten Grund haben, dass die steigende Zusammenziehung mit abnehmender Geschwindigkeit vorzugehen pflegt (§. 321.). Der Widerstand, den die Molecularkräfte des Muskels der ferneren Verkürzung entgegensetzen, wächst mit dieser oder die vorangegangene Zusammenziehung erzeugt eine Ermüdung, die sogleich zu einer geringeren Wirkung führt. Das Letztere findet wahrscheinlich unter gewöhnlichen Verhältnissen nicht Statt, weil wiederholte Verkürzungen dasselbe Maximum der Zusammenziehung, ja die Wirkung des Magnetelektromotors eine noch grössere, wie wir sehen werden, zu erzeugen im Stande ist. Ein anderer Gegengrund wird uns §. 328. klar werden.

§. 325. Die fallende Zusammenziehung oder die sogenannte Erschlaffung dauert in der Regel länger, als die steigende. Ihre Curve ist daher meistentheils gestreckter, ihre Ordinaten verkleinern sich langsamer. Der Unterschied der grössten und der kleinsten Längenabnahme gleichen sich allmählicher und zwar mit um so

geringerer Geschwindigkeit ab, je näher der Muskel seiner ursprünglichen Länge kommt. Diese Erscheinung erinnert an die Verhältnisse der elastischen Nachwirkung.

§. 326. Denkt man sich die Verkürzung überhaupt als einen mit einer Ortsveränderung der Theilchen verbundenen Molecularvorgang, durch den der Querschnitt des Muskels auf Kosten der Länge zunimmt, so lässt sie sich als ein Wechsel der elastischen Anziehungs- und Abstossungskräfte ansehen. Stünden in der That die Muskelmolecüle der Quere nach in grösseren gegenseitigen Entfernungen als in der Richtung der Längsachse (§. 274.), so dass *ab* Fig. 15. länger als *cb* wäre, so bliebe die Hypothese möglich, dass die höheren oder tieferen z. B. *c* schief gegen die der Quere nach breiteren Zwischenräume *ab* während der Zusammenziehung hinüberträten und so die Längenabnahme *cb* erzeugten. Da aber dann *d* zwischen *a* und *b* zu liegen käme, so würde die thätige mit der Annäherung wachsende Abstossung in querer Richtung die Zunahme des Querschnittes herbeiführen, indem sich die Entfernungen *ad* und *db* vergrösserten. Wäre dieser Vorgang für eine zweite unendlich dünne Muskelschicht *ef* in Bezug auf eine erste *ak* vollendet, ginge so der Querschnitt, in dem *c* sich befand, in dem zu welchem *ab* gehört, auf, so könnte er sich für eine dritte *gh* in Betreff der jetzt vereinigten ersten und zweiten *ak* und *ef* wiederholen. Dieses würde es erklären, wesshalb sich die einzelnen Muskelabtheilungen nach und nach verkürzen, und eine endliche Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Zusammenziehung darbieten (§. 104 fgg.). Man kann es auch nach dieser Annahme begreifen, wie der Muskel den bei weitem grössten Theil seiner Länge durch die Verkürzung zu verlieren im Stande ist und z. B. der Zungenbeinzungenmuskel des Frosches, durch den die Schläge des Magnetelektromotors gehen, nur $^1/_{10}$ der Länge darzubieten vermag, die er während der Erschlaffung und der durch nicht sehr grosse Gewichte erzeugten Dehnung dargeboten hatte.

Fig. 15.

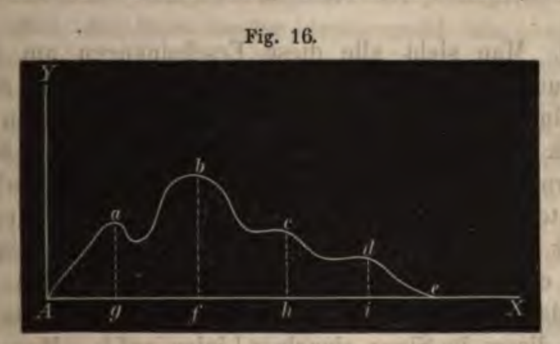


§. 327. Das Volumen des zusammengezogenen Muskels weicht von dem des ruhenden so wenig ab, dass der Unterschied die Grenzen der Summe der möglichen Beobachtungsfehler nicht überschreitet. Dieses gilt selbst von der Volumensabnahme oder der Massenverdichtung, welche einzelne Forscher bemerkt zu haben

glauben. Denkt man sich die erschlaffte Muskelfaser als einen Kreiscylinder, der in einen kürzeren Kreiscylinder von grösserem Querschnitt und gleichem Volumen durch die Zusammenziehung übergeht, so müssen sich die Längen der beiden Cylinder umgekehrt wie die Querschnitte oder entgegengesetzt wie die Quadrate der Halbmesser verhalten. Hieraus folgt, dass der Längenunterschied des erschlafften und des zusammengezogenen Muskels dem Producte der Länge des erschlafften Muskels und der Einheit vermindert um den Quotienten des Quadrates des Halbmessers des Letzteren und dessen des Radius des zusammengezogenen Muskels gleicht. Diese Beziehung, bei der cb Fig. 15. die Längenabnahme vorstellt, bestimmt die Grösse, um welche a und b durch das Dazwischentreten von d auseinanderweichen.

§. 328. Die Störungen der Nerventhätigkeit werden uns oft genug den Fall vorführen, dass die steigende Verkürzung nicht stetig emporgeht und die fallende nicht fortwährend sinkt, sondern ein

Fig. 16.



Wechsel von Auf- und Niedergängen sich darbietet, so dass die Curve die Form $Aabcde$ Fig. 16. annimmt. Man hat daher nicht bloss das gewöhnliche absolute Maximum der Hubhöhe bf, sondern auch die relativen Maxima ag, ch und di. Diese krampfhaften Erscheinungen treten schon während der kurzen Dauer einer Schliessungs- oder Oeffnungszuckung auf, so wie der Nerv eine regelwidrige Empfindlichkeit aus irgend einem Grunde besitzt. Die graphische Darstellung weist sie oft genug nach, wenn sie das beobachtende Auge der Schnelligkeit der Veränderung wegen nicht bemerkt. Die höchsten Stufen der krankhaften Reizbarkeit liefern das Ansteigen und das Sinken während der zunehmenden und während der fallenden Verkürzung. Man findet aber in den gewöhnlicheren Fällen öfter, dass es nur während eines dieser beiden Vorgänge und zwar

am häufigsten während des Wachsthums der Verkürzung eintritt. Da das absolute Maximum erst nach der Herstellung eines oder mehrerer relativer Maxima in dem letzteren Falle zu Stande kommt, so kann man hierin einen neuen Grund gegen die §. 324. erwähnte Ermüdungshypothese finden.

§. 329. Die Muskelcurve kehrt am Ende der Erschlaffung zur Zeitabscisse zurück, wenn sich der kräftige Muskel nicht lange und nicht erschöpfend zusammengezogen hat. Setzt man die elektrische Erregung fort, bis alle Empfänglichkeit geschwunden, bis also die ursprüngliche Dehnungslänge erreicht worden ist, so geht die Curve nach dem Aufhören der Reizung unterhalb der geradlinigten Zeitabscisse hinab oder innerhalb der kreisförmigen hinein, weil das Zuggewicht den indess weicher gewordenen Muskel mehr ausdehnt (§. 315.). Das immer langsamere oder asymptotische Abfallen der sinkenden Zusammenziehung *ghi* Fig. 13. S. 163., das §. 325. mit der elastischen Nachwirkung verglichen wurde, kann auch hier eintreten.

§. 330. Man sieht alle diese Erscheinungen am besten bei dem Gebrauche des Magnetelektromotors. Lässt man die Schläge desselben durch das Hüftgeflecht eines Frosches, dessen Hirn- und Rückenmark zerstört worden, so lange gehen, bis die Muskelcurve mit kreisförmiger Zeitabscisse schon an Höhe merklich abgenommen hat und unterbricht dann den Kreis, so fährt der Stift eine Strecke weit zurück und beginnt hierauf seine asymptotischen Spiraltouren, die immer enger zusammenlaufen, so dass sie zuletzt ein breites Band für das freie Auge darstellen. Erst die Betrachtung mit der Loupe löst dieses im Sinne einzelner Linien auf [1]). Man kann auch den Versuch in anderer Weise anstellen. Man behandelt den Muskel mit dem Magnetelektromotor im Freien, öffnet den Kreis und setzt hierauf den Schreibstift auf die sich drehende berusste Glasscheibe. Der nicht mehr angeregte Muskel zeichnet dann in günstigen Fällen Minuten lang seine asymptotischen Spiraltouren mit immer kleiner werdenden Fahrstrichen, wenn man sich selbst mit dem Aufsetzen des Schreibstiftes auf die sich drehende Scheibe nach der Unterbrechung der Tetanisation des Nerven nicht beeilt hat.

§. 331. Fährt man mit der letzteren fort, bis der mit einem nicht ganz kleinen Gewichte beschwerte Muskel seine ursprüngliche Länge

[1]) Siehe die Zuckungsgesetze des lebenden Nerven. Leipzig und Heidelberg. 1863. 8. S. 38. Fig. 9.

fast vollständig erreicht hat, seine Empfänglichkeit also für den Augenblick beinahe gänzlich erschöpft worden, so sieht man, dass der Stift nach der Unterbrechung der elektrischen Wirkung innerhalb des Ausgangskreises hineinrückt, hier immer enger an einander kommende Spiraltouren beschreibt und endlich nicht weiter nach innen geht.[1]). Der Versuch gelingt z. B. an dem Wadenmuskel eines Frosches, dessen Gehirn und Rückenmark zerstört worden, wenn die Belastung 30 bis 35 Grammen beträgt. Die allmählich immer kleiner werdende gegenseitige Entfernung der Spiraltouren, welche die durch die Erweichung bedingte grössere Dehnung des Muskels erzeugt, erklärt sich daraus, dass jeder elastische Körper, der durch ein Zuggewicht gedehnt wird, in der Zeiteinheit um so weniger an Länge ferner gewinnt, je mehr sich diese schon vorher vergrössert hat, dass also die Dehnung mit der Zeit immer mehr abnimmt.

§. 332. Die Asymptose begleitet am häufigsten diejenigen Fälle, in denen die Muskelmasse durch einen lange anhaltenden Starrkrampf erschöpft worden. Man darf aber hieraus nicht schliessen, dass sie bei kurzen Zusammenziehungszeiten immer ausbleibt. Man sieht sich nicht selten in Folge von kräftigen Schliessungs- und Oeffnungswirkungen gewöhnlicher Ketten und häufiger noch nach einem Inductionsschlage, vorzüglich nach dem sich rascher abgleichenden Oeffnungsstrome auftreten. Eine jede Art von Erschöpfung bringt sie oft nicht bloss in ermüdeten, sondern auch in ganz frischen Muskeln zum Vorschein.

§. 333. L. Hermann[2]) führt eine hierher gehörende, an dem Menschen gemachte Beobachtung an. Die schiefe Stellung des Mundes trat erst dann in einem Falle von Lähmung des Antlitznerven ein, wenn der Kranke gelacht hatte. Sie schwand später allmählig, gleichwie die asymptotisch ablaufende Verkürzung des Wadenmuskels des Frosches ebenfalls am Ende unendlich klein wird.

§. 334. Die Asymptose entsteht dadurch, dass zuletzt die Molecüle des Muskels mit langsam abnehmender Geschwindigkeit in ihre ursprüngliche Gleichgewichtslage zurückkehren. Sie bildet keine einfache Folge der todten Elasticität, keine Art rein physikalischer Nachwirkung der elastischen Dehnung, sondern einen Rest der lebendigen Verkürzung. Dieses lässt sich dadurch beweisen, dass man

[1]) Die Zuckungsgesetze. S. 39. Fig. 10.

[2]) L. Hermann. De tono ac motu musculorum nonnulla. Berolini 1859. 8. p. 16.

den Muskel in Zustände versetzen kann, in denen auch eine lange anhaltende Reizung keine Asymptose zur Folge hat, sondern die Rückkehr zu der ursprünglichen Länge schnell zu Stande kommt. Der Zeitraum der Curarevergiftung, in dem die Bewegungsnerven gelähmt sind, die unmittelbare elektrische Reizung des Muskels dagegen noch zu Verkürzungen führt (§. 128.), eignet sich am besten zu dieser Art von Beobachtungen.

§. 335. Störungen des Nervensystems führen nicht selten zu Zuständen von Halblähmung, in denen die einzelnen Verkürzungsstufen des Muskels beträchtlich langsamer, als unter regelrechten Verhältnissen ablaufen. Die Muskelcurve zieht sich daher flacher hin. Sie nimmt eine Form an, wie sie eine grössere Umdrehungsgeschwindigkeit der Scheibe oder des Cylinders für den Normalzustand erzeugt haben würde. Die Trägheit des Ablaufens der Schliessungs- oder der Oeffnungszuckung ist oft so gross, dass sie dem unmittelbaren Anblicke sogleich auffällt. Die maximale Hubhöhe bleibt zwar meist kleiner als in dem gesunden Muskel. Wir werden aber auch Fälle, in denen dieses nicht Statt findet, später kennen lernen.

§. 336. Der Gegensatz dieses Zustandes zeigt sich in den stürmischen Zuckungen, die allzu reizbare Nerven oder Muskeln darbieten. Man begegnet hierbei nicht selten der sonst nur sparsam vorkommenden Erscheinung, dass die Erschlaffung eine kürzere Zeit, als das Wachsthum der Zusammenziehung in Anspruch nimmt. Jene allein oder beide liefern steilere Curven, weil die entsprechende Zeitabscisse jedenfalls verkleinert und die maximale Hubhöhe die gleiche oder selbst vergrössert ist. Die Schnelligkeit der Verkürzung verräth sich nicht selten auch ohne Curvenzeichnung.

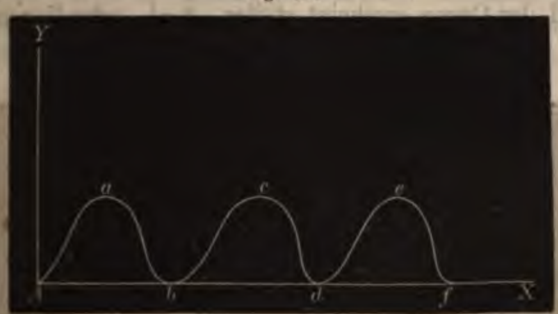
§. 337. Wir werden sehen, dass die stürmischen Zuckungen zum Vorschein kommen, so wie die Empfänglichkeit der Nerven oder der sie beherrschenden Centralwerkzeuge allzusehr zugenommen hat. Die leichtere Beweglichkeit der Molecüle verkleinert nicht bloss den inneren Widerstand, der die Grösse der Erregbarkeit wesentlich bestimmen hilft (§. 214.), sondern auch den äusseren, so dass die wirkende Erregungsgrösse zunimmt. Da aber die Muskeln diese krankhafte Veränderung oft genug nicht darbieten, nichts desto weniger aber in stürmische Zuckungen verfallen, so folgt, dass sie die grösstmögliche Geschwindigkeit ihrer Verkürzung unter gewöhnlichen Verhältnissen nicht entwickeln, dass diese durch die krankhafte

Erhöhung der wirksamen Erregungsgrösse des Nerven gesteigert wird, also die raschere Wirkung nicht von dem Uebersetzer, sondern von dem Uebersetzten ursprünglich ausgeht.

Man findet übrigens diese Art von krankhaften Zusammenziehungen nicht bloss bei der unmittelbaren Reizung der Bewegungsnerven, sondern auch bei den Reflexbewegungen. Sie kommt nicht selten an dem Blutgefäss- und den Lymphherzen ebenfalls vor.

§. 338. Lässt man eine Reihe von elektrischen Reizungen nach einander wirken, wie dieses z. B. bei dem Gebrauche von Unterbrechungsrädern oder Disjunctoren oder bei dem des Magnetelektromotors der Fall ist, so hängt der Erfolg von der Grösse der Ruhepausen der Erregung wesentlich ab. Liegt ein bedeutenderer Zeitraum zwischen je zwei Schlägen, so hat der Muskel Zeit, nach jeder einzelnen Zusammenziehung vollständig zu erschlaffen. Man erhält daher die Curvenfolge Aab, bcd, def Fig. 17. Die späteren

Fig. 17.

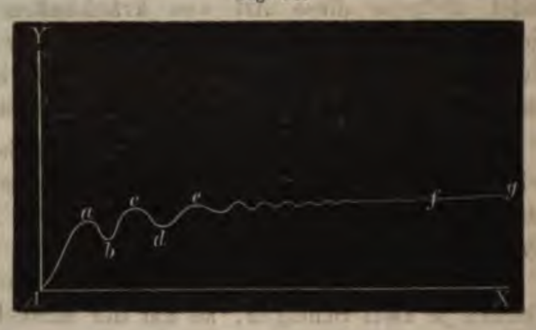


den grössten Zusammenziehungen entsprechenden Ordinaten sind höchstens kürzer, als die früheren, weil der Muskel allmählich ermüdet. Hat man aber einen kräftigen Frosch, so kann sich die Muskelmasse einige hundert Mal bei mässigen Zuggewichten verkürzen, ehe eine irgend bedeutende Abnahme der maximalen Hubhöhen zum Vorschein kommt.

§. 339. Folgen die elektrischen Schläge so rasch aufeinander, dass ein zweiter eingreift, ehe der Muskel von seiner ersten Verkürzung vollkommen erschlafft ist, so besteht die Muskelcurve aus einer Wellenlinie $Aabcdef$ Fig. 18. (a. f. S.), deren Erhebungen und Senkungen um so geringer sind, je schneller die Reizungen folgen oder je langsamer die Erschlaffung bei gleichen Reizungsintervallen eintritt.

Eine grosse Zahl solcher Wellen kann aufgezeichnet werden, ehe die dritte Form der Muskelcurve zum Vorschein kommt.

Fig. 18.



§. 340. Diese besteht in einer geraden Linie, *bde* Fig. 19. Man erhält sie z. B. in der Regel bei dem Gebrauche des Magnetelektromotors, wenn das Hammerwerk desselben irgend rasch spielt. Der Anfangstheil der Curve erscheint steiler, *Aab*, oder liegender, *Acb*,

Fig. 19.



je nachdem der Hauptheil der steigenden Verkürzung rascher oder langsamer vollendet wird. Die nachfolgende Zeit gibt zuerst noch eine kleine oft unmerkliche nachträgliche Steigung, *abd*, und dann eine nahezu beständige Hubhöhe, die dem reinen Starrkrampfe des Muskels entspricht. Die Linie *bde* kann verhältnissmässig lange der Zeitabscisse *AX* parallel bleiben. Sie senkt sich früher oder später langsam, wie *ef*. Hat die Zusammenziehung zu kurz gedauert, als dass nicht die gleichzeitige Erweichung durch die Reibung des Stiftes verdeckt würde, so kann es kommen, dass die abfallende

Linie gerade an der Abscisse AX oder selbst früher aufhört. Griff die Erweichung kraftvoller durch, so geht die Curve unterhalb der Abscissenlinie, wie fg weiter. Hört endlich die starke und lange anhaltende Erregung vor der Erschöpfung des Muskels auf, so macht sich die Asymptose geltend. Man erhält daher z. B. die Linie eh.

§. 341. Der Mangel der Zickzacklinien bei der Einwirkung rasch auf einander folgender elektrischer Schläge lässt eine mehrfache Deutung zu. Man kann das Bild für vollkommen naturgetreu ansehen. Es zeigt alsdann, dass die maximale Verkürzung eine Zeit lang unverändert geblieben ist, dass ein wahrer Starrkrampf im strengsten Sinne des Wortes Statt gefunden hat. Eine zweite Auffassungsweise wäre die, dass die Reibungen des Stiftes gegen die berusste Glasmasse und die übrigen Reibungshindernisse des Theiles der Vorrichtung, welcher durch den Muskel bewegt wird, die kleinen Ungleichheiten der Zusammenziehung verdecken. Man würde also einen niedrigen Wellenzug ohne diese Fehlerquelle erhalten haben. Der scheinbare Starrkrampf bestünde hiernach in Wechselkrämpfen mit kurzen Auf- und Niedergängen. Mehrere Nebenumstände zeigen, dass in der That der zweite Fall nicht selten vorkommt. Es lässt sich aber nicht entscheiden, ob er immer vorhanden ist, ob also kein wahrer Starrkrampf überhaupt je eintritt und das, was wir so nennen, nur aus Wechselkrämpfen von geringen Excursionen hervorgeht. Vergrössert man die Reibungshindernisse, so fallen die Wellenlinien hinweg, die nach einer Verminderung derselben sogleich auftreten. Der Muskel schreibt häufig diese nicht auf, wenn auch einzelne Muskelbündel sichtlich klonisch zucken. Es kommt zwar vor, dass die Galvanometernadel während des Tetanus hin und her schwankt. Diese Erscheinung bildet jedoch die Ausnahme. Die Ruhe oder der allmähliche Rückgang der Nadel gehört zur Regel. Dieses kann davon herrühren, dass die Wechselkrämpfe wahrhaft fehlen oder dass sie zu rasch auf einander folgen, um die Nadel in Bewegung zu setzen.

§. 342. Der Oeffnungsschlag der gewöhnlichen Magnetelektromotoren erzeugt des Extrastromes wegen eine schnellere Abgleichung und daher eine kräftigere physiologische Wirkung, als der Schliessungsschlag. Man hat daher abwechselnd eine schwächere und eine möglichst kräftige Erregung des Nerven. Beide zusammen wirken nachdrücklicher, als ein einziger Oeffnungsschlag.

Die Haupteinrichtung des Versuches stimmt insofern mit der §. 243. erwähnten, als das Uhrwerk des primären Kreises, in dem sich auch

die inducirende Rolle des Magnetelektromotors befindet, erst dann die Kette schliesst, wenn der mit der zweiten Achse desselben sich drehende Stahlstift den Quecksilbertropfen durchschneidet (Fig. 8. S. 86). Man bringt dann die Elektroden der Inductionsrolle in zwei Quecksilbergefässe, in die auch die Enden der Dräthe tauchen, welche mit den amalgamirten Nadeln verbunden sind, die in die Gegend des Hüftgeflechtes eines Frosches nach der Zerstörung des centralen Nervensystemes eingestochen worden.

Man sperrt nun das Hammerwerk des Magnetelektromotors für die beiden ersten Beobachtungen und lässt das Uhrwerk gehen, bis der Stahlstift in den Quecksilbertropfen eingetreten ist und der Muskel seine durch den Schliessungsinductionsstrom erzeugte Zuckung aufgeschrieben hat. Nun wird das Uhrwerk gestellt, der Schreibstift auf der berussten Platte weiter hinausgerückt und der Gang des Räderwerkes freigegeben. Man erhält also die Oeffnungszuckung aufgezeichnet. Das Hammerwerk wird hierauf zurückgeschraubt, jedoch so, dass der Anker von den Eisencylindern weit absteht, die Zahl der in der Zeiteinheit auftretenden Schläge also verhältnissmässig gering ist. Lässt man jetzt wiederum das Uhrwerk gehen, so hämmert der Magnetelektromotor nur so lange, als der Stahlstift den Quecksilbertropfen durchsetzt. Der Muskel schreibt indessen seine Curve auf. Man schiebt alsdann die Ankerplatte des Magnetelektromotors hinab und wiederholt den letzteren Versuch. Beide Fälle unterscheiden sich also nur durch die Zahl der auf die Zeiteinheit kommenden abwechselnd entgegengesetzt gerichteten Inductionsschläge.

Arbeitet man an kräftigen Fröschen und mit nicht erschöpfenden Strömen, so findet man, dass der erste Versuch den kleinsten, der zweite einen grösseren, der dritte einen noch bedeutenderen und der vierte den grössten Werth der maximalen Hubhöhe liefert. Ein Zahlenbeispiel möge das Nähere erläutern.

Die berusste Scheibe, auf der die Muskelcurven aufgezeichnet wurden, drehte sich ein Mal in 1,2 Secunden herum. Der Stahlstift brauchte 1,4 Secunden, um den Quecksilbertropfen zu durchschneiden. Der Magnetelektromotor hämmerte also diese Zeit während des dritten und des vierten Versuches. Ein mittelgrosser Frosch, dessen Hirn und Rückenmark kurz vorher zerstört worden, gab hierbei:

Einwirkung auf das Hüftgeflecht.	Grösste Hubhöhe in Millimetern.	Zeit von dem Anfange der Verkürzung bis zum Ende d. Erschlaffung in Secunden.
Schliessungsinductionsschlag	3,1	0,3
Oeffnungsinductionsschlag	Erste Erhebung 4,9, dann allmähliche Senkung von $1^3/_4$ bis 1 und Zweite Erhebung 3,2	Erste Erhebung . 0,3 Senkung . . . . . 0,17 Zweite Erhebung 0,22
Magnetelektromotor, 6—8 Anker-Schläge in 1,4 Secunden	6,4	—
Desgl. 10—12 Schläge in 1,4 Sec.	7,2	—

Der Oeffnungsschlag allein wirkte in dem angeführten Beispiele so nachdrücklich, dass eine stürmische Zuckung zu Stande kam, dass zwei Erhebungen durch eine allmähliche Senkung getrennt waren. Das langsame Hämmern des Magnetelektromotors führte aber trotz seiner abwechselnd schwächeren und stärkeren Abgleichung zu einer bedeutenderen maximalen Hubhöhe, als der einzelne Oeffnungsstrom. Das raschere Hämmern vergrösserte den Unterschied noch mehr.

Dieses lehrt zuvörderst, dass man die absolute Zusammenziehungsgrösse erhöhen kann, indem man einen nachfolgenden, wenn auch physiologisch schwächer wirksamen elektrischen Schlag eingreifen lässt, ehe der Muskel Zeit fand, von dem durch den früheren erzeugten Verkürzungsmaximum um einen merklichen Theil zurückzukommen. Hat er die grösste Zusammenziehung, deren er überhaupt fähig ist, noch nicht erreicht, so kostet es weniger Mühe, ihn, wenn er sich auf der unter den gegebenen Verhältnissen grösstmöglichen Verkürzungsstufe befindet, zu einer weiteren Längenabnahme zu nöthigen, als die gleiche absolute Verkürzungsgrösse zu erreichen, wenn er schon zu einem beträchtlichen Theile erschlafft ist. Man kann sich vorstellen, dass die Muskelmasse, wenn sie das entsprechende Maximum der Längenabnahme durch einen ersten Schlag erlangt hat, immer noch das Bestreben besitzt, sich weiter zu verkürzen. Die Erschlaffung oder der elastische Trieb der Molecüle in die frühere Lage zurückzukehren, arbeitet jenem Streben in den gewöhnlichen Fällen siegreich entgegen. Greift dagegen ein neuer Schlag frühzeitig genug ein, so kann sich jene Verkürzungstendenz mit der Wirkung von diesem verbinden und so eine fernere Zusammenziehung, ein noch höheres Verkürzungsmaximum herbeiführen.

Eine andere auf den ersten Blick mögliche Vorstellung wird durch die Erfahrung nicht unterstützt. Hält einmal der eine elektrische Stoss dem elastischen Streben der Rückkehr der Molecüle

in ihre frühere Stellung das Gleichgewicht, so können jene, wie es scheint, schon vermöge ihrer erlangten Geschwindigkeit über ihre augenblickliche Lage im Sinne einer ferneren Verkürzung nach dem Principe der Trägheit hinausgehen. Diese Auffassungsweise wird dadurch widerlegt, dass die Schläge des Magnetelektromotors einen geradfaserigen Muskel, wie den Zungenbeinzungenmuskel des Frosches um $^9/_{10}$ und ein einmaliger Schlag von gleicher Stärke ihn kaum um die Hälfte und meist noch weniger verkürzt. Denkt man sich nach dem §. 326. Erläuterten, dass einzelne der der Länge nach dichter stehenden Muskelmolecüle zwischen je zwei quergestellte und wechselseitig weiter von einander entfernte Theilchen im Augenblicke der Zusammenziehung hineinrücken, und die hierbei wiederum wach gerufenen Abstossungskräfte die Vergrösserung des Querschnittes erzeugen, so werden die wiederholten Schläge des Magnetelektromotors immer neue unendlich kleine Querschnitte des Muskels auf die eben geschilderte Weise zum Verschwinden bringen und so fortwährend die Länge verkleinern und den Querschnitt vergrössern.

§. 343. Es kommt bei krankhaft erhöhter Reizbarkeit und den daraus hervorgehenden stürmischen Zuckungen (§. 336.) vor, dass eine beträchtlichere maximale Hubhöhe mit einer kleineren Zeitabscisse verbunden ist. Die Regel besteht aber darin, dass das grössere Zusammenziehungsmaximum eine längere Zeit für sein Entstehen und vorzugsweise für sein Verschwinden in Anspruch nimmt. Diese Zeiten wachsen in dem ersteren Falle weniger, als die Hubhöhen, so dass die Gesammtdauer des Steigens und des Fallens einer kräftigeren Zusammenziehung kleiner und die Bewegung schneller zu sein pflegt. Der Schliessungsinductionsschlag, der auf das Hüftgeflecht eines vor einigen Stunden getödteten Frosches wirkte, gab z. B. 1,6 Millimeter grösster Zusammenziehung für den Wadenmuskel, der Oeffnungsinductionsschlag dagegen 2,8 Millimeter. Die Gesammtdauer der Zuckung betrug 0,19 Secunden in dem ersteren und 0,22 in dem letzteren Falle. Die Hubhöhen verhielten sich daher, wie 1:1,75 und die Zeiten, wie 1:1,16.

§. 344. Die Muskelcurven eignen sich zu mannichfachen Ausmessungen, und desswegen zu der verhältnissmässig genauesten Beurtheilung der Muskelarbeit, vorausgesetzt, dass das Verfahren, durch das die Curve erhalten wurde, die nöthige Bürgschaft der Zuverlässigkeit darzubieten vermag.

§. 345. Die mechanische Münze, nach NAVIER'S Ausdruck, ist die mechanische Einheit, die aus dem Producte der Einheit

des Gesammtwiderstandes oder der bewältigenden Kraft und der Einheit der senkrechten Hubhöhe besteht, also z. B. der Kilogramm-Meter, wenn irgend eine Leistung ein Kilogramm einen Meter hoch perpendiculär emporzieht. Besteht eine andere Arbeit darin, dass P Kilogramme und H Meter lothrecht in die Höhe gehen, so drückt man diese Arbeit durch PH Kilogramm-Meter aus. SMEATON nannte den Grundwerth die mechanische Kraft, HACHETTE und MONGE die dynamische Wirkung, CARNOT das Moment und COULOMB und NAVIER die Quantität der Wirkung, ARZBERGER und REDTENBACHER endlich die Wirkung überhaupt. Die gewöhnliche Bezeichnungsweise ist die der Nutzwirkung, der Arbeitsgrösse oder des mechanischen Momentes.

Die Wahl der Einheit derselben ist an und für sich willkürlich. Man hat sie daher auch nach Maassgabe der Leistungen wechseln lassen, um die Unbequemlichkeit zu grosser Zahlen zu meiden. HACHETTE nimmt z. B. die Hebung von 1000 Kilogramm auf ein Meter Höhe als Grundlage und nennt dieses die grosse dynamische Einheit. Die Dynamie von CLÉMENT und die Dynamode von CARIOLIS bezeichnen das Gleiche. Die Dyname von DUPIN bezieht sich auf die Hebung von einem Cubikmeter Wasser auf einen Kilometer Höhe. Die gewöhnlich gebrauchte Einheit des Kilogramm-Meter rührt von NAVIER her. Die kleinen Arbeitsgrössen der Froschmuskeln, wie sie in physiologischen Versuchen auftreten, werden in den homogenen Einheiten des Grammen-Centimeters besser, als in den ungleichförmigen des Grammen-Millimeters ausgedrückt.

§. 346. Die Mechaniker pflegen hervorzuheben, dass die Zeit für die Arbeitsgrösse nicht in Betracht kommt. Die Wirkung hängt hiernach nur von dem Producte der Belastung und der Hubhöhe ab, ganz gleichgültig, ob sie in einer Secunde, einer Minute oder einer Stunde vollendet wird[1]). Die Frage, ob indessen die Kraft, welche die Leistung hervorbrachte, ihre Intensität oder Richtung geändert hat, müsse ebenfalls unbeachtet bleiben, weil die erwähnte Messungsart nur einen nach senkrechter Richtung thätigen Einfluss voraussetzt[2]). Das Letztere verräth schon unmittelbar das Bekenntniss der Unvollständigkeit der Bestimmung. Diese berücksichtigt nur

[1]) Siehe z. B. F. REDTENBACHER, Principien der Mechanik und des Maschinenbaues. Mannheim 1852. S. S. 53.

[2]) J. v. PONCELET, Lehrbuch der Anwendung der Mechanik auf Maschinen. Uebersetzt von E. H. SCHNUSE. Bd. I. Darmstadt 1845. S. S. 4.

das Endergebniss, ohne zu beachten, ob dasselbe durch eine gleichförmig oder eine ungleichförmig wirkende Kraft, auf geradem oder krummem Wege, innerhalb welcher Zeit und mit welcher Geschwindigkeit es erreicht worden, wie lange endlich die Wirkung anhält, ob sie sogleich aufhört oder eine endliche oder eine unendliche Zeit fortdauert. Man opfert eine Reihe der wesentlichsten Verhältnisse dem Begriffe oder der Definition.

Dieser Umstand machte sich auch den Mechanikern fühlbar. Sie stiessen an und verliessen die gewohnte Consequenz, wenn es sich um Maschinen handelte, die grosse Effecte hervorbringen, mit ungleichen Kraftgrössen zu verschiedenen Zeiten arbeiten oder beide Verhältnisse zugleich darbieten. Die Wirkung von Motoren, die lange gleichförmig thätig sind, würden, wie es hiess, zu grosse Zahlen für ihre Leistungen liefern. Man müsse daher die auf die Zeiteinheit z. B. die Secunde kommende Arbeit als Einheit nehmen und so den der Sache ganz fremdartigen Begriff der Zeit oder der Dauer einführen [1]). Die allgemein als Maass gebrauchte Pferdekraft ist nur ein Einheitsausdruck für eine Leistung von einer Anzahl Kilogramm-Meter für die Secunde. Der Werth derselben wurde verschieden angenommen. Man pflegt ihn aber jetzt 75 Kilogramm-Meter für die Secunde gleichzusetzen. Dem entsprechend messen auch die Mechaniker die Wirkung einer constanten Kraft durch das Product dieser Kraft und des in der Zeiteinheit zurückgelegten Weges oder der Geschwindigkeit [2]) und eben so die einer stetig veränderlichen Kraft durch das innerhalb der entsprechenden Grenzen genommene Integral des Productes der zu einer bestimmten Zeit auftretenden Kraftgrösse und des Differentials des zugehörigen durchlaufenen Weges [3]). Mit einem Worte, der Zeitbegriff drängt sich schon bei dem regelmässigeren Gange der todten Motoren unwillkürlich ein.

§. 347. Bleiben die Kraft und die Richtung des von ihr ausgeübten Druckes oder Zuges unverändert, so lässt sich die Leistung auf die Zeiteinheit zurückführen, da die Thätigkeit für jedes Zeittheilchen gleich ist und die etwa vorhandene schiefe Wirkungsrichtung der senkrechten proportional abläuft. Die Verhältnisse werden jedoch verwickelter, wenn sich die Kraft im Laufe der Wirkungsdauer

---

[1]) Poncelet, Ebendaselbst. S. 5.
[2]) Redtenbacher, a. a. O. S. 55.
[3]) Redtenbacher, Ebendaselbst. S. 57.

ändert. Bildet sie oder ihre Richtung oder beide Momente stetige Functionen der Zeit, so kann die Integralrechnung die Mittel zu einer genügenden Bestimmung an die Hand geben. Sie fehlen dagegen oder reichen nur zu annähernden Schätzungen aus, wenn dieses nicht der Fall ist. Die auf die Zeiteinheit bezogenen Leistungsgrössen der Maschinen, wie sie die Mechanik annimmt, sind ideale Durchschnittswerthe, wenn die Motoren gleichförmig beschleunigt oder verzögert oder regelmässig periodisch arbeiten und unrichtige Grössen, wenn sie in einer regellos unbeständigen Weise thätig sind. Dazu kommt noch, dass der Ausdruck unnatürlich wird, so wie die Wirkungsrichtung keiner geraden Linie entspricht, sondern von Augenblick zu Augenblick wechselnd in einer Krümmung dahin geht.

§. 348. Man konnte nicht die zeitlichen Veränderungen in genügender Weise in Rechnung ziehen, so lange man an der §. 345. erwähnten Vorstellung festhielt. Man wäre auch auf physiologischem Gebiete zu einer ähnlichen Unvollkommenheit gezwungen, wenn man die Muskelcurve auf einer unbewegten Glasplatte aufschreiben liesse (§. 318.), also nur das Zuggewicht und die Hubhöhe, nicht aber die zeitlichen Beziehungen ermittelte. Nur die Nutzwirkungen liessen sich auf diese Weise bestimmen. Erst die Curven, die man auf den sich möglichst gleichförmig bewegenden Scheiben oder Cylindern erhält, führen zu genügenden Aufschlüssen und Berechnungen.

§. 349. Man könnte zunächst, wie dieses von Mechanikern und Physiologen geschehen ist, verschiedene anhaltende Muskelarbeiten auf dieselbe Zeiteinheit zurückführen wollen, um sie unter einander vergleichbar zu machen. Eine nähere Betrachtung lehrt, dass dieses Verfahren zu unnatürlichen Folgerungen führt.

Gesetzt der gleiche Muskel hielte das erste Mal 40 Grm. 0,2 Centimeter hoch während vier und das zweite Mal während zwei Secunden, so lieferte die Secunde eine Nutzwirkung von 2 Grammen-Centimeter in jenem und eine solche von 4 Grm.-Centimeter in diesem Falle. Der Muskel hat aber nicht das zweite Mal doppelt so viel geleistet. Seine Wirkung war vielmehr zuerst stärker, weil er dieselbe Last die zwiefache Zeit gleich hoch getragen hat.

Hält ein Muskel 40 Grm. in einer Hebung von 0,4 Centimeter während vier Secunden und ein anderer 80 Grm. in der gleichen Höhe innerhalb acht Secunden, so geben beide 4 Grammen-Centimeter Nutzwirkung für die Secunde. Der zweite Muskel hat aber be-

deutend mehr geleistet, weil er die doppelte Last während der zwiefachen Zeit auf derselben Höhe erhalten hat.

§. 350. Man vermeidet diese unpassenden Schlüsse, wenn man die Arbeit durch das Product der Last, der Hubhöhe und der Zeit, während welcher die letztere beständig geblieben ist, ausdrückt. Hält der Muskel 40 Grm. 0,2 Centimeter hoch 4 Secunden lang, so gleicht sein Arbeitswerth $40 \times 0,2 \times 4 = 32$ Grammen-Centimeter-Secunden. Bleiben die Belastung und die Hubhöhe die gleichen, ist aber diese nur während 2 Secunden unverändert gewesen, so gibt dieses nur 16 Grammen-Centimeter-Secunden, also nur die Hälfte. Der erste Muskel der 40 Grm. 0,4 Centimeter während 4 Secunden hielt, liefert 64 Grm.-Cent.-Sec., und der, welcher 80 Grm. 0,4 Centimeter während 8 Secunden emporzog, 256 Grm.-Cent.-Sec., also das Vierfache, wie es bei der doppelten Last und der zwiefachen Zeit natürlich scheint.

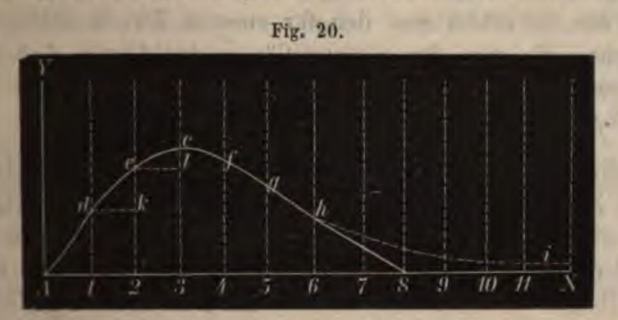
Man würde dessenungeachtet irren, wenn man glaubte, dass diese Bestimmungsweise der Natur der Sache vollkommen entspräche. Der Muskel entwickelt keine unveränderliche Kraft während der Verkürzung. Diese sinkt vielmehr mit der Dauer der Thätigkeit, weil die Umsatzproducte, welche die letztere erzeugt, der ferneren Kraftentwickelung entgegentreten. Wir bezeichnen dieses mit dem Namen der Ermüdung. Ein Muskel der die gleiche Last, das eine Mal die doppelte und das andere Mal die einfache Zeit auf derselben Höhe erhält, leistet in dem ersteren Falle mehr, als das Doppelte, weil die Ermüdung um so tiefer eingreift, je länger die Zusammenziehung angehalten hat.

Das Gesetz, welches hier wirkt, ist für keinen Fall genau bekannt. Die Grösse des Einflusses hängt nicht bloss von den äusseren Bedingungen, sondern auch von dem ursprünglichen Zustande des Muskels und dem Gange der Veränderung desselben ab. Da es unmöglich ist, die desshalb nöthige Verbesserung vorzunehmen, so bleibt nichts übrig, als die oben erläuterte Bestimmung nach dem Producte der Belastung, der Hubhöhe und der Zeit unter zwei Einschränkungen beizubehalten. Man berücksichtigt, wo möglich, nur diejenigen Fälle, in denen die Ermüdung weniger nachtheilig eingreift und kleinere Lasten während mässiger und grössere während kurzer Zeiträume gehoben werden. Hält man sich aber auch innerhalb dieser Grenzen, so kann man doch immer nur jene Ausdrucksweise als eine erste grobe Annäherung betrachten. Sie sinkt zu einer ungefähren Bestimmung, wenn man die erwähnten Marken überschreitet.

§. 351. Die Schätzung einer als unveränderlich angesehenen Muskelarbeit kann sich nie auf die ganze Verkürzungsleistung beziehen, weil man dabei die steigende Zusammenziehung des Anfangs und die sinkende des Endes ausser Acht lässt. Die Muskelcurven, welche die Oeffnung und die Schliessung von Kettenströmen oder ein einziger Inductionsschlag liefern, zeigen in der Regel keine Beständigkeit der Hubhöhen während irgend grosser Zeiträume. Man muss daher die Arbeitsleistung auch unter diesen Verhältnissen zu bestimmen suchen.

Gesetzt $A c 8$ Fig. 20 sei eine Muskelcurve, die man auf ein rechtwinkeliges Coordinatensystem $A X$ und $A Y$ bezieht. $A X$ ist

Fig. 20.



die in gleiche Theile getheilte Zeitabscisse. Wollte man z. B. die Arbeitsleistung von dem Ende des zweiten bis zum Ende des dritten Zeittheiles oder von $A 2$ bis $A 3$ angeben, so müsste man die Belastung und die Zeit mit einer Hubhöhe vervielfältigen, die grösser als $2 e$ und kleiner als $3 c$ ist. Da aber die Zeit dem Abscissenstücke $2 3$ entspricht und sich daher durch einen äquivalenten Werth des letzteren ausdrücken lässt, so gelangt man auch zum Ziele, wenn man die Belastung mit dem Inhalte der Fläche vervielfältigt, die von dem Curventheile ec, den beiden Ordinaten $2 e$ und $3 c$ und der Abscissenlänge $2 3$ eingeschlossen ist. Die Berechnung einer solchen Fläche heisst in der Mathematik die Quadratur und die Auswerthung des Curvenstückes ec durch eine gleich lange gerade Linie die Rectification. Da diese Verhältnisse bei den verschiedensten Benutzungsarten der Curven, welche die Gesetzmässigkeit von Naturerscheinungen ausdrücken und die sich auch in der Medicin immer mehr einbürgern werden, in Betracht kommen, so wollen wir etwas ausführlicher auf die Hauptpunkte eingehen.

Nennt man die Zeitabscisse x und die entsprechende rechtwinkelige Ordinate y, so hängt die letztere von x und einer oder

mehreren Constanten oder Parametern ab. Die Gleichung der Curve drückt die Beziehung von y zu x aus. Da y eine Function von x ist (§. 5.), so kann man $y = f(x)$ schreiben, wenn f das Functionszeichen bedeutet. Denkt man sich das Abscissenstück 23 unendlich klein oder $= dx$, so lässt sich das ebenfalls unendlich kleine Curvenstück ec einem Kreisbogen und dieser seinem Sinus el an der Grenze des Verschwindens gleich stellen. Man ist daher im Stande, die Fläche $23le$ statt der Fläche $23ce$ zu nehmen. Nennen wir daher den durch die Quadratur von ec geforderten Werth dF, so hat man $dF = y\,dx = f(x)\,dx$. Dehnt man die Integration dieser Gleichung über die ganze Länge der Gurve, also von $x = o$ bis $x = A8$ aus, so erhält man den für unseren Zweck nöthigen Inhalt der Fläche, die von der Gesammtlänge der Curve $Ac8$ und dem entsprechenden Abscissenstücke $A8$ begrenzt wird. Man hat also $F = \int_o^b f(x)\,dx$, wenn man $A8 = b$ setzt.

Ist die Muskelcurve mit keiner geraden, sondern mit einer kreisförmigen Zeitabscisse aufgeschrieben, so kann man die Quadratur vornehmen, wenn man einen unendlich kleinen Sector in Betracht zieht, der die fixe Achse r zum Halbmesser und den unendlich kleinen Bogen $r\,d\Theta$ als Curvenstück hat, wobei Θ die Grösse der Anomalie bezeichnet (§. 322.). Da man aber den an der Grenze des Verschwindens befindlichen Sector mit einem rechtwinkeligen Dreieck vertauschen darf, so findet man $F = \frac{1}{2}\int_o^b r^2 d\Theta$.

Es ergibt sich hieraus, dass die Quadraturen Auswerthungen bestimmter Integrale entsprechen. Ist auch die Curvengleichung in endlichen Grössen gegeben, so dass man $y\,dx$ oder $r^2 d\Theta$ vollständig kennt, so folgt hieraus noch nicht, dass man den Werth des bestimmten Integrales genau anzugeben im Stande ist. Man muss sich in vielen Fällen mit Annäherungen begnügen, die man oft, so weit als man will, auszudehnen vermag. Die grössten Mathematiker, NEWTON, COTES, GAUSS, LEGENDRE, JACOBI haben sich mit solchen Annäherungsbestimmungen beschäftigt. Manche von diesen gestatten auch die Quadratur, wenn man die Gleichung der Curve nicht kennt, wenn es nur möglich ist, eine Anzahl von Längen der Abscissen und der Ordinaten zu ermitteln. Dieser Fall tritt aber gerade bei den Muskelcurven ein.

Das gröbste Verfahren besteht darin, dass man eine grosse Zahl von Ordinaten, $1d$, $2e$, $3c$ Fig. 20. u. s. f., die gleich langen Abscissen $A1$, 12, 23 entsprechen z. B. mittels eines aufgelegten

Netzes, misst, aus allen das Mittel zieht und dieses mit der Gesammtabscisse $A8$ vervielfältigt. Eine zweite schon genauere Methode schreibt vor, dass man entweder das Mittel je zweier benachbarter Ordinaten nimmt, oder die in der Mitte eines jeden Abscissenstückes errichtete Ordinate misst, und die Summe aller mit dem Werthe eines Abscissenstückes vervielfältigt. Die höhere Analyse gibt noch einen Correctionswerth z. B. für den letzteren Fall an, wenn es sich um grössere Genauigkeit handelt [1]).

Ein drittes Verfahren besteht in der Anwendung der **Simpson'schen Regel**. Man kann immer eine Parabel durch drei Punkte einer beliebigen ebenen Curve so legen, dass die Parabelachse den auf der Abscisse senkrechten Ordinaten parallel läuft [2]). Wählt man die gegenseitigen Abstände der Abscissenachse gleich gross, so vereinfacht sich hierdurch die Berechnung des Mittelwerthes, so wie die der Quadratur und der Rectification. Die erhaltenen Zahlen werden natürlich der Wahrheit um so mehr entsprechen, je näher die betrachteten Punkte bei einander liegen. Nimmt man n Ordinaten, die man mit $y, y', y'' \ldots y^{n}$ bezeichnet und die gewissermaassen $\frac{n-1}{2}$ Parabelstücken entsprechen, während h die Länge eines jeden gleichen Abscissenstückes ist, so hat man $F = \frac{h}{3}\Big[y + 4(y' + y''' \ldots + y^{n-1}) + 2(y'' + y^{iv} \ldots + y^{n-2}) + y^{n}\Big]$. Man kann auch hier noch eine Correctionsgrösse angeben [3]). Ein andres Verfahren [4]) liefert für fünf Ordinaten die Gleichung $F = 4h\left[\frac{7}{90}(y + y^{iv}) + \frac{16}{45}(y' + y''') + \frac{2}{15}y''\right]$.

Die Rectification der Curven, die in der Integration des Bogendifferentials besteht, führt oft zu verwickelteren Ausdrücken, wie

---

[1]) Siehe z. B. bei H. W. Brandes, Lehrbuch der höheren Geometrie in analytischer Darstellung. Zweiter Theil. Leipzig 1824. 4. S. 51. Dieses Werk enthält die wichtigsten hierher gehörenden Verfahrungsarten und unter Anderem auch eine gewissermaassen populäre Darstellung der Methode von Gauss (Methodus nova integralium valores per approximationem inveniendi. Comment. Soc. Götting. Vol. III. 1816. 4. p. 39 und besonders p. 47—76), deren Wiederholung hier zu weit führen würde.

[2]) Siehe O. Fort und O. Schlömilch, Lehrbuch der analytischen Geometrie. Bd. I. Leipzig 1855. 8. S. 107—109.

[3]) Siehe z. B. O. Schlömilch, Compendium der höheren Analysis. Zweite Auflage. Bd. I. Braunschweig. 1861. S. 379 und S. 434.

[4]) Brandes, a. a. O. S. 56.

schon die hierher gehörenden Gleichungen der Parabel und der Hyperbel zeigen. Die nur annähernd mögliche Bogenbestimmung der Ellipse (und daher auch des Kreises) leitete zuerst die Aufmerksamkeit auf das fruchtbare Feld der elliptischen Functionen.

Man hat zwei Verfahrungsarten, diese Rechnungen zu vermeiden, wenn es sich um die Auswerthung des von der Curve $Ac8$ und der Abscisse $A38$ Fig. 20 begrenzten Flächenstückes handelt.

Die Curve wird auf Papier aufgeschrieben. Man schneidet das Flächenstück aus und bestimmt das Gewicht desselben p. Kennt man das nach derselben Einheit gemessene Gewicht q der Flächeneinheit des gleichen Papiers, so wird der gesuchte Flächeninhalt $F = \frac{p}{q}$ sein. Beträgt die Abscissenlänge x', so hat man für die mittlere Ordinatenlänge $y' = \frac{p}{qx'}$. VOLKMANN bestimmte auf diese Weise die mittlere Höhe des Blutdruckes aus den auf dem Kymographion aufgezeichneten Blutcurven. Die Ungleichheit und die hygroskopische Beschaffenheit des Papiers kann zwar die Ergebnisse trüben. Man wird aber dessenungeachtet das Verfahren z. B. für Pulscurven mit Vortheil benutzen.

OPPIKOFER erfand zuerst eine auf den Eigenschaften der Kegelschnitte fussende Vorrichtung, das Planimeter, um den Flächeninhalt beliebiger von unbekannten Curven begrenzter Oberflächen zu bestimmen. WETLI und AMSLER [1]) verbesserten es später und gaben ihm die Gestalt, in der man es jetzt herzustellen pflegt. Man umfährt den Raum, dessen Flächeninhalt ermittelt werden soll, mit einem Stifte, so genau als möglich und findet demgemäss den gesuchten Flächeninhalt. LUDWIG und GOLL bedienten sich des Planimeters zur Bestimmung der mittleren Druckhöhe des Blutes und der Letztere gebrauchte es noch, um den verhältnissmässigen Blutgefässreichthum innerhalb einer Flächeneinheit des Rückenmarkes kennen zu lernen [2]).

§. 352. Die Hauptnormen, die den Gestalten der Muskelcurven zum Grunde liegen, pflegen sich schon zu verrathen, wenn man nur wenige Ordinaten misst und die Quadratur nach einer der dargestellten Näherungsmethoden vornimmt. Ein Beispiel möge erläutern, wie dieses selbst für den Fall der einfachen Mittelwerthe gilt.

---

[1]) Eine Erklärung und Abbildung des Amsler'schen Planimeters findet sich bei A. FICK, Die medicinische Physik. Braunschweig 1858. 8. S. 464—468.

[2]) GOLL, in den Verhandl. d. schweizerischen Naturforschergesellsch. 1863. S. 156—162.

Das Hüftgeflecht eines Frosches, dessen Gehirn und Rückenmark nicht lange vorher zerstört und dessen Wadenmuskel mit 41,8 Grm. belastet worden, lieferte für den Schliessungsinductionsschlag und den $1^1/_2$ Secunden später folgenden Oeffnungsinductionsschlag:

Reizung.	Steigende Zusammenziehung.		Fallende Zusammenziehung.	
	Zeit in Secunden.	Entsprechende Hubhöhe in Centimetern.	Zeit in Secunden.	Entsprechende Hubhöhe in Centimetern.
Schliessungs-inductionsschlag.	0,01	0,04	0,03	0,20
	0,02	0,13	0,06	0,17
	0,04	0,22	0,09	0,12
		Mittel = 0,13	0,12	0,03
				Mittel = 0,13
Oeffnungs-inductionsschlag.	0,03	0,13	0,06	0,32
	0,07	0,36	0,12	0,12
		Mittel = 0,25	0,18	0,08
			0,26	0,04
				Mittel = 0,14

Die Nutzwirkung der Schliessungszuckung glich hiernach 9,19 und die der Oeffnungszusammenziehung 15,05 Grammen-Centimeter. Die mittlere Arbeitsleistung dagegen betrug in Grammen-Centimeter-Secunden:

I. Schliessungsinductionsschlag.
1. Steigende Zusammenziehung 0,22
2. Fallende Zusammenziehung 0,65
Summe = 0,87

II. Oeffnungsinductionsschlag.
1. Steigende Verkürzung 0,73
2. Fallende Verkürzung 1,52
Summe = 2,25

Die Arbeitsleistung war also in dem zweiten Falle ungefähr 2,6 Mal, die Hubhöhe nur 1,6 Mal grösser als im ersten.

Die oben verzeichneten Zahlen belehren auch über den Gang der Verkürzung. Diese nahm bei dem Schliessungsschlage um 0,4 Millimeter in der ersten $^1/_{100}$ Secunde, um 0,9 Mm. in der zweiten und um ebenso viel in der folgenden $^1/_{50}$ Secunde zu. Die Ver-

kürzung stieg also nur zuletzt mit abnehmender Schnelligkeit. Da der Oeffnungsschlag 1,3 Millimeter für die ersten $^{3}/_{100}$ und 2,3 Millimeter für die folgenden $^{4}/_{100}$ Secunden lieferte, so hatte man auch hier eine raschere Zunahme in dem zweiten Zeitraume. Genauere Untersuchungen werden lehren müssen, ob und in wiefern diese Erscheinung mit der schnellen Abgleichung der Inductionsschläge zusammenhing. Da der fallende Theil ihrer Curve, bei der die Zeiten die Abscisse und die Stromstärken die Ordinaten bilden, minder steil dahin geht (§. 321.), so lässt sich jene Erscheinung nicht aus dieser Curvenform erklären. Sie wird daher die Folge der stürmischen Erregung sein, die eine wachsende Kraftanstrengung des Muskels herbeiführt.

Die der Erschlaffung entsprechenden Zahlen bestätigen, was der unmittelbare Anblick der Muskelcurven oft genug zeigt. Der Abfall greift mit sehr ungleicher Geschwindigkeit zu verschiedenen Zeiten und in verschiedenen Fällen durch. Man hat überdiess häufig im Anfange einen Zeitraum, während dessen die Hubhöhe von dem früheren Maximum nur wenig abweicht.

Die Schliessungswirkung ergab für den fallenden Verkürzungstheil eine Abnahme von nur 0,2 Millimeter in dem ersten, eine solche von 0,3 Mm. in dem zweiten, eine von 0,5 Mm. in dem dritten und eine von 0,9 Mm. in dem vierten Zeitraume von je $^{3}/_{100}$ Secunden. Man sieht, dass hier der steilste Abfall der Zusammenziehung zuletzt kam, ehe die für die Asymptose übrig gebliebenen $^{3}/_{10}$ Millimeter auftraten. Die Erschaffung der Oeffnungszuckung führte nur zu einer Abnahme von 0,4 Millimeter in der ersten, dagegen zu einer solchen von 2,0 Mm. in der zweiten, von 0,4 Mm. in der dritten Periode von $^{6}/_{100}$ Secunde. Die vierte von $^{8}/_{100}$ Secunden gab auch bloss 0,4 Mm. Der steilste Abfall lag also hier in dem zweiten und nicht in dem letzten Zeitabschnitte wie in dem ersteren Falle.

Diese Thatsachen lehren, dass man sich die Erschlaffung des Muskels nicht als einen Vorgang denken darf, bei dem die früheren elastischen Kräfte über die in der Form der Verkürzung auftretenden Wirkungen ein mit der Zeit gleichförmig wachsendes Uebergewicht erlangen. Man hat vielmehr bei diesem Kampfe gleichsam sprungweise Siege zu einzelnen Zeiten. Die rascheren Abfallsarten können zu den verschiedensten Perioden der Erschlaffung auftreten.

Erzeugte der Schliessungsschlag eine Nutzwirkung von 9,19 und der Oeffnungsstrom eine solche von 15,05 Grammen-Centimeter, so

erklärt sich dieses aus der langsameren Abgleichung, welche durch den dem primären Strome bei dem Schlusse entgegengesetzt gerichteten Extrastrom bedingt wird. Die steigende Zusammenziehung hatte daher auch nur 0,22 in dem ersteren und 0,36 Centimeter grösster Hubhöhe in dem letzteren Falle. Die Erschlaffung forderte 0,07 und 0,26 Secunden. Die Zahlen der zwei steigenden Zusammenziehungen verhielten sich also, wie 1:1,7 und die der fallenden, wie 1:3,7, so dass bei jener die Oeffnungs- und bei dieser die Schliessungswirkung im Vortheil war.

Vergleichen wir die mittlere Arbeitsleistung während der steigenden und während der abnehmenden Zusammenziehung, so sehen wir, dass sie während dieser bedeutend grösser, als während jener ist. Sie betrug 0,22 G.-C.-S. für die wachsende Verkürzung und 0,65 G.-C.-S. für die Erschlaffung der Schliessungszuckung. Die Oeffnungswirkung ergab eben so 0,73 und 1,52 G.-C.-S. Man hatte also ein gegenseitiges Verhältniss von beinahe 3 in dem ersten und ein solches von fast genau 2 in dem zweiten Falle.

§. 353. Die scheinbar sonderbare Thatsache, dass die Erschlaffung eine grössere Arbeitsleistung liefern kann und sie sogar in der Mehrzahl der Fälle darbietet, rührt von zwei Ursachen her. Da die Erschlaffung länger, als die zunehmende Verkürzung zu dauern pflegt, so wird die Belastung längere Zeit getragen, also schon in dieser Hinsicht mehr geleistet. Kommt nun noch der Fall hinzu, dass die grösseren Hubhöhen länger anhalten, als bei der steigenden Verkürzung, so hat man ein zweites Bedingungsglied der Vergrösserung der Leistung.

§. 354. Die gleiche Erscheinung wiederholt sich in noch ausgesprochner Weise, wenn man die Asymptose (§. 141.) in Betracht zieht. Die überaus langsame Abnahme der Zusammenziehung in den letzten Zeiten, der für die Zeiteinheit immer kleiner werdende Unterschied, je mehr sich der Muskel seiner Ausgangslänge nähert, vergrössert die Dauer der Lasthebung in so bedeutendem Grade, dass dagegen die Verkleinerung der Hubhöhen in den Hintergrund tritt. Man kann daher hier ausserordentlich grosse mittlere Arbeitsleistungen erhalten.

Der ermüdete Muskel liefert im Allgemeinen eine längere Asymptose und folglich eine grössere mittlere Arbeitsleistung, als der vollkommen frische. Gehen die Schläge des Magnetelektromotors durch das Hüftgeflecht eines Frosches, dessen Gehirn und Rückenmark unmittelbar vorher zerstört worden, so erhält man eine nur

schwache Asymptose, wenn man den Kreis kurze Zeit, nachdem die grösste Hubhöhe erreicht worden, unterbricht. Sie wird bedeutend stärker, wenn man die Wirkung des Magnetelektromotors fortsetzt, bis wiederum die Hubhöhe um ein Merkliches heruntergegangen ist. Sie greift endlich am nachdrücklichsten durch, so wie das Hammerwerk fortschlägt, so lange nicht der Muskel drei Viertheile seiner ursprünglichen Länge oder noch mehr wieder gewonnen hat, und kann eine nicht unbedeutende Zahl von Minuten in dem letzteren Falle anhalten.

Erläutern wir das Gesagte durch drei an demselben Frosche hintereinander angestellte Versuche, bei denen man es zu verhältnissmässig geringen Abnahmen der Verkürzung kommen liess, um zu zeigen, wie die Asymptosen schon bei mässigen Ermüdungsgraden mächtig werden. Man hatte das Gehirn zerstört und die Stämme des Hüftgeflechtes dicht an ihrem Austritte aus dem Wirbelcanale durchschnitten. Die Elektrodennadeln der Inductionsrolle hafteten in der Gegend jenes Geflechtes. Das unveränderte von dem Wadenmuskel zu hebende Gesammtgewicht betrug in allen Fällen 21,8 Grm.

a) Kürzeste Erregung. Das Hammerwerk des Magnetelektromotors geht 1,6 Secunden. Die erste Hauptsteigung, die 4,9 betrug, wurde in 0,2 Secunden vollendet. Der Anfangstheil der Curve hatte ein relatives Maximum und ein Minimum, also einen Auf- und Niedergang. Die einzelnen Abschnitte ergaben:

Zeit in Secunden.	Entsprechende Hubhöhe in Centimetern.
0,07	0,14 und unmittelbar darauf Niedergang auf 0,08, dann wiederum steigend.
0,14	0,35
0,21	0,49.

Die folgenden 0,07 Secunden gaben eine fernere Erhebung auf 0,51. Diese Hubhöhe erhielt sich dann bis zu der 0,35 Secunden später erfolgten Oeffnung des Kreises unverändert. Der Abfall der Curve zeigte:

Zeit in Secunden.	Entsprechende Hubhöhe in Centimetern.
0,13	0,24
0,26	0,15
0,39	0,09.

Die Asymptose von dem letzteren Werthe bis zur Erreichung des Ausgangskreises forderte 1,3 Scheibenumgänge oder 1,56 Secunden.

b) Erregung von mittlerer Dauer. Diese entsprach 1,8 Scheibenumdrehungen oder 2,16 Secunden. Das erste Maximum von 0,45 Centimeter Hubhöhe wurde in 0,15 Secunden erreicht und zwar

Zeit in Secunden.	Entsprechende Hubhöhe in Centimetern.
0,05	0,30
0,10	0,35
0,15	0,45

Die nächsten 0,08 Secunden lieferten noch eine Steigung auf 0,51 Centimeter, die sich dann während 1,6 Scheibenumgänge oder während 1,92 Secunden erhielt. Die Oeffnung erzeugte einen Abfall von 0,51 bis 0,11 Centimeter innerhalb 0,40 Secunden und zwar

Zeit in Secunden.	Entsprechende Hubhöhe in Centimetern.
0,13	0,36
0,26	0,19
0,39	0,11.

Die Asymptose von diesem Werthe bis fast zu dem Ausgangskreise forderte 3 Scheibenumgänge oder 3,6 Secunden.

c) Reizung, bis die Zusammenziehung von 0,59 auf 0,44 Centimeter in Folge der Ermüdung heruntergegangen war, was 10,5 Scheibenumgänge oder 12,6 Secunden forderte. Die erste Hauptsteigung auf 0,55 Centimeter erfolgte in 0,13 Secunden und zwar

Zeit in Secunden.	Entsprechende Hubhöhe in Centimetern.
0,04	0,24
0,08	0,32
0,13	0,55.

Wurde die Tetanisation nach einer Gesammtdauer von 12,73 Secunden aufgehoben, so fiel die dann noch 0,44 Centimeter betragende Verkürzung auf 0,17 Centimeter in 0,41 Secunden, nämlich

Zeit in Secunden.	Entsprechende Hubhöhe in Centimetern.
0,14	0,29
0,28	0,20
0,41	0,17.

Die Asymptose umfasste 15 Kreisumgänge der Scheibe. Sie dauerte also 18,0 Secunden.

Diese drei Muskelcurven können eine ganze Reihe von Einzelverhältnissen erläutern.

Sie bestätigen zunächst die früher schon gemachte Bemerkung, dass oft genug weder das Steigen, noch das Sinken der Zusammenziehung mit einer stetig ab- oder zunehmenden Geschwindigkeit erfolgt. Zeitabschnitte grosser und bisweilen plötzlicher Beschleunigung

oder Verzögerung schalten sich nicht selten zwischen den Zeiten stetigen Steigens oder Fallens ein. Die Hebungen und die Senkungen, welche die relativen Maxima und Minima der Hubhöhen liefern, führen zu weiteren Unregelmässigkeiten des Curvenganges. Der nicht selten vorkommende Fall, dass ein Stück der krummen Linie eine Concavität und ein folgendes eine Convexität gegen die Abscissenachse wendet (§. 321.), erzeugt sich nur dadurch, dass die relativen Maxima oder Minima mit wechselnden Geschwindigkeiten erreicht werden. Eine genauere Betrachtung der oben verzeichneten Zahlen lässt alle diese Verhältnisse, von denen sich ein Theil schon durch den unmittelbaren Anblick der Curven verrieth, anschaulich machen.

Bestimmt man die Nutzwirkungen (§. 345.), so findet man:

Tetanisationsdauer des Hüftgeflechtes in Secunden.	Nutzwirkung des Wadenmuskels in Grammen-Centimeter.
1,6	10,2
2,16	10,2
12,6	11,0.

Die fast gleichen Werthe des mechanischen Momentes in den drei so verschiedenen Fällen liefern einen abermaligen Beleg für das früher Gesagte, dass diese Bestimmungsweise keinen irgend genügenden Begriff von der wahren Thätigkeit der Muskeln geben kann.

Die mittleren Arbeitsleistungen (§. 351.) führen in dieser Hinsicht zu belehrenderen Ergebnissen. Man hat:

Dauer der Tetanisation des Hüftgeflechtes in Secunden.	Mittlere Arbeitsleistung des Wadenmuskels in Grammen-Centimeter-Secunden.					
	Haupthebung.	Nachträgliche Hebung.	Starrkrampf.	Erschlaffung.	Asymptose.	Gesammtsumme.
1,6	0,84	0,70	3,57	1,95	1,56	8,62
2,16	0,84	0,77	19,58	2,26	4,32	27,77
12,6	0,73	—	127,30	2,29	32,40	162,72

Während die mittleren Arbeitsleistungen des raschen Steigens oder Sinkens der Verkürzung in allen drei Fällen ziemlich gleich blieben, wuchsen die der Asymptose mit der Dauer der anhaltenden Zusammenziehungen und der hierdurch bedingten Ermüdung. Man sieht zugleich, dass die sinkende Zusammenziehung eine grössere Thätigkeit, als die wachsende entfaltete, eine Erscheinung, die aus der langsameren Veränderung, wie die Asymptose selbst hervorgeht.

§. 355. Die Thatsache, dass der ermüdete oder der sonst geschwächte Muskel eine grössere Arbeitsleistung, als der frische entwickelt, verliert alles Auffallende bei näherer Betrachtung. Wir halten mit Recht denjenigen Muskel für den kräftigeren, der eine stärkere Belastung auf eine bedeutendere Höhe emporhebt. Diese beträchtlichere Energie verbindet sich im Allgemeinen mit einer rascheren Zustandsveränderung. Kürzt die letztere die Dauer des Tragens mehr ab, als durch die grössere Hubhöhe oder eine bedeutendere Belastung gewonnen wird, so muss hierdurch die gesammte Arbeitsleistung kleiner ausfallen. Die höheren Werthe, welche die sinkende Zusammenziehung in Vergleich zu der steigenden und besonders die Asymptose darbietet, fussen nur auf der langsameren Zustandsänderung und der daraus hervorgehenden Verlängerung der Wirkungszeiten, ungefähr wie oft der Bienenfleiss eines mässigen Talentes in bescheidenerem Wirkungskreise mehr Nutzen stiftet, als das kurze und glänzende Aufblitzen eines Genies ersten Ranges. Will man sich nicht durch die Auffassungsweise, die den unvollständigen Ausdruck der Nutzwirkung allein im Auge behält, verleiten lassen, so muss man die Arbeitsleistungen naturgemäss in die Betrachtung einführen, ihre Beziehungen zur Zeit der Thätigkeit, ihre statischen und nicht bloss ihre rein dynamischen Werthe bestimmen, weil sich die Muskelkräfte mit der Zeit ändern und gerade dieser Wechsel von wesentlicher Bedeutung für die richtige Beurtheilung der Wirkung ist.

§. 356. Lässt man die Zuggewichte, die der Muskel emporhebt, immer mehr wachsen, so zeigt sich, dass die Nutzwirkung im Anfange steigt, dann einen grössten Werth erreicht und endlich wiederum herabgeht. Die Längenabnahmen während der Zusammenziehung stehen nicht in gleichförmigem umgekehrtem Verhältnisse zu den Belastungsgewichten. Sind diese sehr klein, so kann sich der Muskel nicht um so viel mehr verkürzen, dass er den geringen Werth der Beschwerung im Vergleich zu bedeutenderen Belastungen ausgliche. Ein allzu grosses Gewicht lässt so geringe Hubhöhen zum Vorschein kommen, dass wiederum die Compensation unmöglich wird.

Beschränkt man sich auf die Grenzen einer minimalen Belastung und derjenigen, welche die grösste Nutzwirkung liefert, so findet man keineswegs immer, dass das mechanische Moment mit der Zunahme der Beschwerungen stetig steigt. Es kann vorkommen, dass die kleinere Belastung einen höheren Werth der Nutzwirkung,

als die grössere liefert. Die Hauptursache liegt in der Stimmungsänderung, welche die vorangehende Erregung herbeigeführt hat. Mässige wiederholte Reize erhöhen zuerst die Empfänglichkeit der Nerven, ehe sie dieselbe durch Erschöpfung herabsetzen. Diese beiderlei Arten von Wirkungen können sich verlieren, wenn man den Nerven ausruhen lässt. Es kommt daher vor, dass die vergrösserte Belastung eine bedeutendere Nutzwirkung unmittelbar nach dem Versuch mit der kleineren, als einige Zeit später liefert.

§. 357. Die Arbeitsleistungen geben ebenfalls ihre Maxima nur für Belastungen, die hinter den grössten noch hebbaren Gewichten bedeutend zurückstehen. Die Betrachtung zweier Versuchsreihen kann das Nähere erläutern.

Ein Frosch, dessen Gehirn kurz vorher zerstört und dessen Hüftgeflecht nahe an der Wirbelsäule durchschnitten worden, diente zu Beobachtungen, in denen das Uhrwerk einen Schliessungsinductionsstrom und 1½ Secunden darauf einen Oeffnungsinductionsstrom durch das Hüftgeflecht gehen liess. Die gesammten Belastungen, die der Wadenmuskel zu heben hatte (die Wagschale und deren Aufhängung mit inbegriffen) betrugen dabei 6, 18, 54 und 72 Grm. in den aufeinanderfolgenden Versuchen. Diese ergaben im Einzelnen:

a) Belastung von 6 Grm. Das Maximum der steigenden Schliessungszuckung, das in 0,07 Secunden erreicht wurde, glich 0,31 Centimeter. Man hatte dabei:

Zeit in Secunden.	Entsprechende Hubhöhe in Centimetern.
0,035	0,17
0,070	0,31.

Der Abfall auf Null kam in 0,11 Secunden zu Stande und zwar

Zeit in Secunden.	Entsprechende Hubhöhe in Centimetern.
0,037	0,29
0,074	0,25
0,110	0,00.

Die Steigung der Oeffnungszuckung erreichte ihren ersten höchsten Werth von 0,30 Cm. in 0,07 Secunden und gab dann einen zweiten von 0,39 Cm. nach 0,14 Secunden. Die Verkürzung erhielt sich auf dieser Höhe, während der folgenden 0,11 Secunden und fiel zuletzt steil auf Null während der späteren 0,08 Secunden.

b) Belastung von 18 Grm. Die Schliessungszuckung stieg in 0,04 Secunden auf 0,19 Cm. und zwar

Zeit in Secunden.	Entsprechende Hubhöhe in Centimetern.
0,02	0,13
0,04	0,19.

Die Erschlaffung erfolgte in 0,06 Secunden, nämlich:

Zeit in Secunden.	Entsprechende Hubhöhe in Centimetern.
0,02	0,14
0,04	0,08
0,06	0,0.

Die Oeffnungszuckung erreichte 0,20 Cm. in 0,04 Secunden

Zeit in Secunden.	Entsprechende Hubhöhe in Centimetern.
0,02	0,11
0,04	0,20.

Die Erschlaffung forderte 0,6 Secunden.

Zeit in Secunden.	Entsprechende Hubhöhe in Centimetern.
0,03	0,12
0,06	0,0.

c) Belastung von 54 Grm. Die Steigung der Schliessungszuckung Betrage von 0,16 Cm. wurde in 0,03 Secunden vollendet.

Zeit in Secunden.	Entsprechende Hubhöhe in Centimetern.
0,015	0,09
0,03	0,16.

Der Abfall nahm 0,05 Secunden in Anspruch.

Zeit in Secunden.	Entsprechende Hubhöhe in Centimetern.
0,025	0,11
0,025	0,0.

Die Oeffnungszusammenziehung wuchs auf 0,22 Cm. in 0,04 Sec.

Zeit in Secunden.	Entsprechende Hubhöhe in Centimetern.
0,02	0,18
0,04	0,22.

Die Erschlaffung dauerte 0,07 Secunden.

Zeit in Secunden.	Entsprechende Hubhöhe in Centimetern.
0,023	0,17
0,046	0,12
0,07	0,0.

d) Belastung von 72 Grm. Der Schliessungsinductionsstrom wirkte nicht mehr. Die Oeffnungszuckung gab 0,12 Cm. nach 0,05 Secunden.

Zeit in Secunden.	Entsprechende Hubhöhe in Centimetern.
0,025	0,08
0,05	0,12.

Der Abfall auf Null erfolgte in 0,05 Secunden.

Zeit in Secunden.	Entsprechende Hubhöhe in Centimetern.
0,025	0,11
0,05	0,0.

Es ergibt sich hiernach:

Belastung in Grm.	Nutzwirkung in Grammen-Centimetern.	
	Schliessungs-zuckung.	Oeffnungs-zuckung.
6	1,86	2,34
18	3,42	3,60
54	8,64	11,88
72	0,0	8,64

Diese Zahlen bestätigen nicht bloss die §. 356. erläuterte Norm, sondern zeigen noch, wie die Nutzwirkung des schneller sich abgleichenden Oeffnungsinductionsstromes höher ausfällt und sich bei wachsenden Belastungen länger erhält, als die des Schliessungsstromes. Man sieht ferner, dass die Nutzwirkungen weniger als die Beschwerungen steigen, sich folglich die Hubhöhen mehr verkleinern, als die Widerstände zunehmen.

Die Bestimmung der mittlern Arbeitsleistungen lieferte:

Belastung in Grm.	Mittlere Arbeitsleistung in Grammen-Centimeter-Secunden.					
	Schliessungszuckung.			Oeffnungszuckung.		
	Steigende Zusammen-ziehung.	Er-schlaffung.	Gesammt-leistung.	Steigende Zusammen-ziehung.	Er-schlaffung.	Gesammt-leistung.
6	0,06	0,14	0,20	0,06 + 0,04 Dauernd 0,26	0,10	0,46
18	0,08	0,11	0,19	0,07	0,12	0,19
54	0,13	0,24	0,37	0,28	0,49	0,77
72	—	—	—	0,25	0,29	0,54

Die Leistungen boten also ebenfalls in jeder Hinsicht Maxima dar, die weder den grössten, noch den kleinsten, sondern gewissen zwischen beiden liegenden Belastungen entsprachen. Die verzeichneten Zahlen verrathen überdiess eine Eigenthümlichkeit, die an den Curven unmittelbar auffiel. Bleiben die Zuggewichte in mässigen Grenzen, so pflegt, wie gewöhnlich, die Erschlaffung länger als die

Zusammenziehung anzuhalten. Dieser Unterschied ver-
ch in der Regel bei sehr grossen Zuggewichten, wenn die
ng wieder unter dem Maximum bedeutend gesunken ist.
en Curvenäste, welche der steigenden und der fallenden
ziehung entsprechen, erscheinen nicht bloss nahezu gleich
dern auch flacher. Die geringe dann Statt findende Hebung
eistentheils eine längere Zeit und ebenso die Rückkehr zu
Dehnungslänge. Hat einmal die grosse Belastung das
richt über die Verkürzungskräfte des Muskels, so kostet es
r Mühe und Zeit die Hebung zu Stande zu bringen. Die
t, mit der die rückbleibende Zusammenziehung der Ver-
während der Erschlaffung entgegenwirkt, kann durch das
cht verringert werden oder unverändert bleiben.

58. Ein zweites einem anderen Frosche entnommenes Bei-
ge die Wirkungen der Tetanisation des Hüftgeflechtes bei
nen Belastungen des Wadenmuskels erläutern. Das Thier
ittelbar vorher durch die Quertrennung des verlängerten
nd die Zerstörung des Gehirns getödtet und dann das
rk dicht an der Wirbelsäule durchschnitten worden. Der
ktromotor spielte nur, wenn das Uhrwerk den Stahlstift
n Quecksilbertropfen trieb. Dieses dauerte etwas mehr als
lich 2,1 bis 2,2 Secunden. Der Anker des Magnetelektro-
immerte indessen 10 bis 12 Mal.

lastung von 6 Grm. Die steigende Verkürzung erreichte
s Maximum von 0,33 Centimeter in 0,11 Secunden und zwar

Zeit in Secunden.	Entsprechende Hubhöhe in Centimetern.
0,036	0,24
0,072	0,29
0,11	0,33.

zweite Erhebung auf 0,35 Cm. kam in den folgenden
nden zu Stande und eine dritte auf 0,42 während eines
1,2 Secunden dauernden Scheibenumganges. Die Längen-
von 0,42 bis 0,41 Cm. hielt dann während 0,68 Secunden
am Ende dieser Zeit erfolgende Unterbrechung des Kreises
ein Abfallen auf 0,10 Cm. in 0,48 Secunden. Die Asym-
r im Ganzen schwach.

lastung von 18 Grm. Das erste Steigungsmaximum von
. wurde in 0,15 Secunden erreicht. Man hatte

Zeit in Secunden.	Entsprechende Hubhöhe in Centimetern.
0,05	0,21
0,10	0,34
0,15	0,51.

Die Zusammenziehung erhob sich hierauf auf 0,53 Cm. in 0,10 Secunden, erhielt sich auf dieser Höhe während 1,80 Secunden und sank allmählig auf 0,47 Cm. während der folgenden 0,12 Secunden. Die Oeffnung des Kreises erzeugte eine Abnahme bis zu 0,12 Cm. in 0,21 Secunden und zwar

Zeit in Secunden.	Entsprechende Hubhöhe in Centimetern.
0,07	0,23
0,14	0,14
0,21	0,12.

Eine schwache Asymptose beschloss das Ganze.

c) Belastung von 54 Grm. Das erste Maximum von 0,51 Cm. zeigte sich nach 0,20 Secunden, nämlich

Zeit in Secunden.	Entsprechende Hubhöhe in Centimetern.
0,07	0,19
0,14	0,39
0,20	0,51.

Die zweite Steigung zu 0,54 Centimeter erfolgte im Verlaufe von 0,04 Secunden. Diese Hubhöhe erhielt sich dann 1,86 Secunden. Die Oeffnung des Kreises führte zu dem Abfalle bis auf 0,09 Cm. in 0,33 Secunden und zwar:

Zeit in Secunden.	Entsprechende Hubhöhe in Centimetern.
0,11	0,38
0,22	0,15
0,33	0,09.

Man sieht, dass die aus den Curvenbestimmungen sich ergebenden Reizungszeiten, während deren das Hammerwerk des Magnetelektromotors spielte, 2,09 bis 2,17 Secunden ergaben.

Da hier keine übermässigen Belastungen angewendet wurden, so erhielt man immer steigende Werthe der Nutzwirkung. Der für die Beschwerung von 6 Grm. gültige war 2,52, der für 18 Grm. Zuggewicht 9,54, endlich der für 54 Grm. erhaltene 29,16 Grammen-Centimeter.

Die Gesammtsumme der mittleren Arbeitsleistungen stieg ebenfalls noch fortwährend mit den Belastungen.

Zuggewicht in Grm.	Mittlere Arbeitsleistung in Grammen - Centimeter - Secunden.					
	Erste Hauptsteigung.	Nachträgliche Erhebung.	Nahezu beständige Hubhöhe.	Allmählige Senkung.	Erschlaffung.	Gesammtleistung.
6	0,15	0,20 und 2,77	1,69	—	0,74	5,55
18	0,61	0,94	17,17	0,11	0,91	19,74
54	2,92	1,14	54,23	—	5,16	63,45

Die höheren Werthe der mittleren Leistungen der steigenden und der sinkenden Zusammenziehung, welche bei der stärksten Belastung auftreten, rühren nicht bloss von dieser, sondern auch davon her, dass sich die Zeiten verlängerten. Die §. 357. erläuterte Wirkung grosser Widerstände kann sich also schon in merklichem Grade geltend machen, wenn selbst die Belastung noch nicht so bedeutend ist, dass die Werthe der Nutzwirkung und der gesammten mittleren Arbeitsleistung wiederum abnehmen, weil schon das Maximum des mechanischen Momentes überschritten worden.

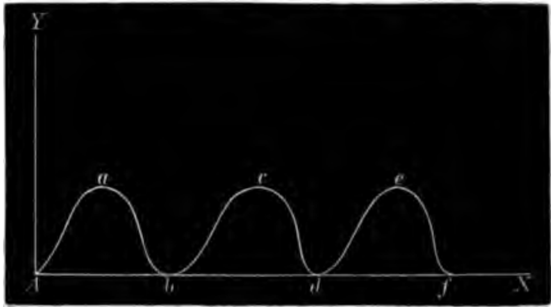
Die für uns wichtigsten Zahlen sind die, welche als nahezu beständige Hubhöhen in der Tabelle bezeichnet sind. Obgleich die Curve eine völlige Constanz der Werthe zu geben scheint, so gilt dieses natürlich doch nur annäherungsweise, aber in dem Grade, dass die Schärfe der Berechnungen und der Schlüsse deswegen nicht leidet. Man sieht, dass diese Grössen den beträchtlichsten Theil der Gesammtleistung ausmachten. Da die ihnen angehörenden Hubhöhen unverändert bleiben, so hat man den doppelten Vortheil, dass die wahren und die mittleren Arbeitsleistungen zusammenfallen (§. 351.) und die Nutzwirkung der für eine Secunde gültigen Arbeitsleistung numerisch entspricht. Die Dauer, während welcher die Last auf der gleichen Höhe gehalten wird, ist natürlich für die Beurtheilung der Muskelthätigkeit von wesentlicher Bedeutung. Es ergibt sich hieraus, dass die blosse Berücksichtigung der Nutzwirkung auch hier dieselbe Unvollständigkeit, wie sonst, darbieten würde.

Da jede ungenügende Bestimmung eines Durchschnittswerthes bei der Berechnung der beständig bleibenden Hubhöhe wegfällt, so liefert dieser Theil der Muskelcurve ein gutes Mittel, die Einflüsse der Störungen der Nerven- und der Muskelthätigkeit in zuverläs-

sigen Zahlen anzugeben. Man kann sie daher zu vergleichenden Messungen krankhafter Zustände mit Vortheil benutzen.

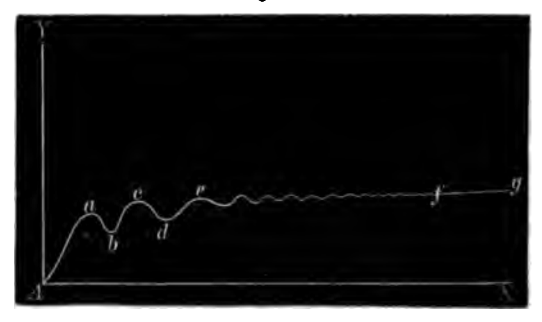
§. 359. Die Art und Weise, wie die Muskelcurve ohne Auf- und Niedergang, welche die Tetanisation liefert, erzeugt wird, lässt sich unmittelbar nachweisen [1]. Verfliessen z. B. $^2/_3$ Secunden zwischen einer vorhergehenden Unterbrechung und der nachfolgenden Schliessung des auf den Hüftnerven des Frosches wirkenden Inductionskreises, so kann der Wadenmuskel eines kräftigen Frosches hundert einzelne Hebungen und Senkungen aufzeichnen. Die Kette braucht dabei nur $^2/_{25}$ oder $^1/_{12}$ Secunde geschlossen zu bleiben. Der Muskel hat dann Zeit, nicht bloss seine steigende, sondern auch den grössten Theil seiner fallenden Verkürzung so wiederzugeben,

Fig. 20.



wie es *abc* Fig. 20. schematisch darstellt. Beträgt dagegen die Pause, während welcher der Kreis offen ist, $^1/_3$ oder nur $^1/_7$ Secunde und die Dauer des Geschlossenseins der Kette $^1/_{25}$ bis $^1/_{50}$ Secunde,

Fig. 21.



[1] Siehe die Einzelbeispiele in den Zuckungsgesetzen des lebenden Nerven S. 106 fgd.

so gestaltet sich in der Regel die Curve, wie es das Diagramm *Aabcdefg* Fig. 21. anzeigt. Man erhält zuerst grosse Hebungen und Senkungen *Aabc*. Sie werden später kleiner, *cde*, und verwandeln sich endlich zuletzt in immer niedriger werdende Wellenlinien *ef*, die zuletzt der geraden Linie *fg*, der gewöhnlichen Begleiterin der raschen Tetanisation Platz machen. Dabei können die Hubhöhen nahezu gleich bleiben oder allmählig immer mehr steigen, so dass *fg* die grösste von Allen darbietet.

Diese Erscheinung lässt sich zur Ausmessung einer eigenthümlichen Wirkungsweise der Muskel- und der Nerventhätigkeit gebrauchen. Die Wellen rühren davon her, dass die zwischen einem Oeffnungs- und einem folgenden Schliessungsschlage liegende Zeit gross genug ist, dass der Muskel bis zu einem gewissen Grade erschlafft. Die Geschwindigkeit des Eintrittes und des Verlaufes der sinkenden Verkürzung entscheidet also, ob Wellen überhaupt und von welcher Höhe sie zu Stande kommen. Die Beschaffenheit der Muskelmasse und die der Marksubstanz des Bewegungsnerven üben hierbei einen wesentlichen Einfluss aus. Man wird daher die kleinste Zeitpause aufsuchen, bei der die Wellen unter den gegebenen Nebenbedingungen unmerklich werden.

Da die Hubhöhe zunehmen kann, wenn man keinen Auf- und Niedergang mehr bemerkt, so misst man hier eine von der Verkürzungsgrösse zum Theil unabhängige Erscheinung, nämlich die Schnelligkeit der Zustandsänderung des Muskels.

§. 360. Eine kürzere erregte Nervenstrecke pflegt nicht nur eine geringere Hubhöhe, sondern eine grössere Zahl gesonderter Wellen, als eine längere zu liefern. Die kräftige Elektrolyse des Nervenmarkes durch starke lähmende Ströme kann die Zahl der Wellen vermindern. Die in der späteren Ruhezeit durch die Erholung bedingte grössere Beweglichkeit der Molecüle vergrössert dieselbe. Alle auf die Muskelmassen wirkenden Ursachen, welche die Zusammenziehungen verlangsamen, werden im Allgemeinen das frühere Auftreten der Linie ohne Auf- und Niedergang begünstigen.

§. 361. Man versieht häufig den Schlitten des du Bois'schen oder eines nach dem gleichen Principe gebauten Magnetelektromotors mit einer Scala, um die Entfernung der Inductionsrolle von der inducirenden in Zahlen angeben zu können. Viele Physiologen und Therapeuten verrücken jene erstere Rolle so weit, bis die Wirkung aufhört und glauben ein der physiologischen Thätigkeit des Inductionsstromes proportionales Maass in den einzelnen Scalenzahlen zu

besitzen. Diese Auffassung entspricht eben so wenig den Gesetzen der Induction [1]), als denen der physiologischen Wirksamkeit der Ströme.

§. 362. Denken wir uns, man entferne allmählig die Inductionsrolle von der inducirenden, bis die Tetanisation des Nerven keine Muskelverkürzung mehr herbeiführt, und untersuchen wir, was an dem Grenzbezirke vorgeht. Der gewöhnliche Magnetelektromotor liefert abwechselnde und der Natur der Sache nach einander entgegengesetzt gerichtete Schliessungs- und Oeffnungsinductionsströme. Jene wirken schwächer als diese (§. 125.). Der Grenzbezirk wird also den Fall darbieten, dass der Schliessungsstrom keine oder eine nur verborgene, der Oeffnungsstrom dagegen eine durch eine Zusammenziehung ausgedrückte Wirkung erzeugt. Da aber der Oeffnungsschlag kräftiger, als der Schliessungsschlag eingreift, so benutzt man jetzt einen an und für sich stärkeren Reiz, als früher, wo auch noch der Schliessungsschlag Erfolg hatte. Diese wirksamere Reizung wiederholt sich aber nahezu halb so häufig als vorher. Das Endergebniss der beiden einander entgegenarbeitenden Bedingungsglieder wird daher mit der Intensität der Ströme und dem Gange des Hammerwerkes wechseln. Die Scalenzahl, welche der Wirkungslosigkeit entspricht, hängt von diesen Bedingungen eben so, als von der Beschaffenheit der Nerven und der Muskeln ab. Es muss also zu Täuschungen führen, wenn Therapeuten die Aenderung von Lähmungszuständen zu verschiedenen Zeiten nach jenem Scalenwerthe messen, welcher dem Beginne der Wirkungslosigkeit entspricht, ohne sicher zu sein, dass sie jedes Mal mit der gleichen Stromstärke und derselben Geschwindigkeit des Hammerwerkes arbeiten.

§. 363. Die quantitativen Bestimmungen der Erfolge gleichgerichteter Ströme können am besten mittelst eines Disjunctors gewonnen werden. Ich habe mir einen solchen anfertigen lassen, der auf demselben Principe, wie der ursprüngliche Dove'sche [2]) beruht, im Einzelnen aber manche Vortheile darbieten dürfte. Er lässt sich zugleich als Commutator zunächst für die Inductionsströme und als Vorrichtung gebrauchen, um eine metallische Nebenschliessung oder einen zweiten thierischen Theil in physiologischen Versuchen rasch

---

[1]) Siehe das Nähere in Wiedemann, Galvanismus. Bd. II. S. 152. 153. und besonders S. 682. 683.

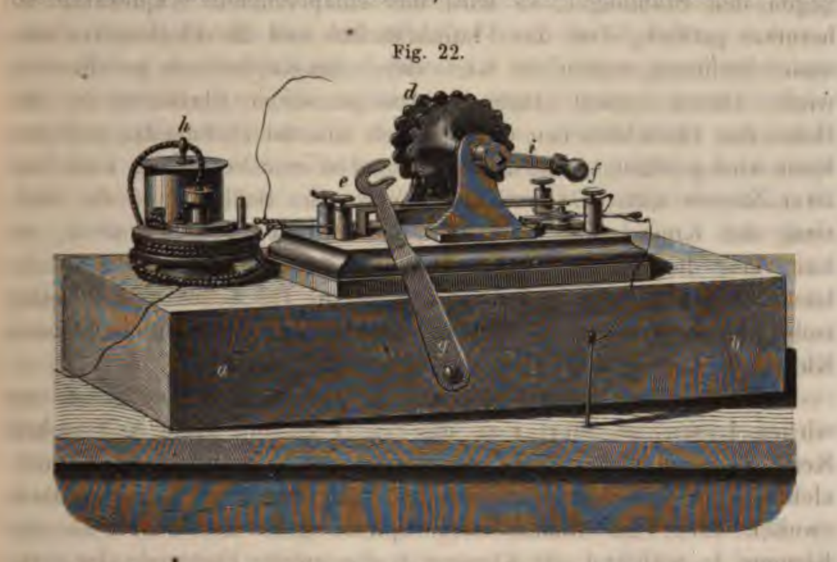
[2]) Wiedemann, Galvanismus Bd. II. S. 624.

ein- und auszuschalten, oder zwei Nerven schnell hintereinander zu reizen. In grösserem Maassstabe ausgeführt wird der Apparat auch den Elektrotherapeuten nützen. Dieses ist ein Hauptgrund, wesshalb ich das Ganze etwas ausführlicher beschreibe.

Die gewöhnlichen Disjunctoren enthalten Kupferblätter, die zwischen den freien Oberflächentheilen einer Elfenbeinmasse eingelassen sind. Dieses hat den Nachtheil, dass die federnden Blätter, welche den Schluss und die Oeffnung bewirken, Kupfer- oder Elfenbeinpulver abreiben, auf die heterogenen Zwischenstücke übertragen und so die Isolation oder die Leitung stören. Der von mir gebrauchte Disjunctor vermeidet dieses in einfacher Weise.

Zwei Messingräder *c* Fig. 22., von denen jedes 18 Zähne hat, befinden sich auf einer Metellachse, die durch eine Handhabe *i* oder

Fig. 22.



die später zu beschreibende Rollenvorrichtung *h* gedreht werden kann. Die convexen Zähne und die zwischen ihnen befindlichen concaven Ausschnitte sind einander congruent. Die Räder können beliebig gegen einander verstellt und dann durch eine an der Achse befindliche Schraube in der ihnen gegebenen Lage befestigt werden. Ein an einem Rade befindlicher langer Stift *d* belehrt über die Stellungsbeziehungen beider Räder.

Jedes Zahnrad drückt gegen ein federndes Kupferblatt (zwischen *e* und *f* Fig. 22.), das auf der einen Seite mit einer Klemme *e* ver-

bunden ist, welche einen Leitungsdraht aufnimmt und an der andern unten am Ende ein Platinblättchen trägt.

Dieses spielt gegen eine durch eine Schraube höher oder tiefer einstellbare Platinspitze. Der Metalltheil, zu dem sie gehört, ist mit einer zweiten ebenfalls zur Aufnahme einer Elektrode bestimmten Klemme *f* verbunden. Wir wollen die beiden zu dem ersten Rade und dem entsprechenden Kupferblatte gehörenden Klemmen als 1 und 2 und die zwei zu dem zweiten Rade und seinem Kupferblatte gehörenden mit 3 und 4 bezeichnen.

Jedes Zahnrad wirkt auf einen aus hartem Stahl bestehenden Hügel, der in der Mitte des entsprechenden Kupferblattes angebracht und dessen convexe Durchschnittsfläche der eines zwischen zwei Zähnen befindlichen Ausschnittes congruent ist. Drückt ein Zahn gegen den Stahlhügel, so wird das entsprechende Kupferblatt so herunter geführt, dass das Platinblättchen und die Platinspitze einander berühren, mithin der Kreis durch das Kupferblech geschlossen wird. Dieses springt dagegen vermöge seiner Elasticität in die Höhe, das Platinblättchen entfernt sich von der Platinspitze und der Kreis wird geöffnet, so wie der Stahlhügel in eine Vertiefung zwischen zwei Zähnen tritt. Da auf diese Weise der Schluss und die Oeffnung des Kreises nur durch die Kupferblätter vollführt wird, so kann man die Zahnräder ohne Nachtheil einölen, damit das Ganze leichter gehe. Sie brauchen auch nicht an der Achse wechselseitig isolirt zu sein. Der gesammte Apparat ist auf einem schweren Klotze *ab* angeschraubt.

Will man die Vorrichtung als Disjunctor für Inductionsströme wirken lassen, so führt man die eine Elektrode einer Voltaischen Kette zu dem einen Ende der inducirenden Rolle eines Magnetelektromotors, dessen Hammerwerk man gestellt hat. Von dem zweiten Ende der inducirenden Spirale geht ein Draht zu der Klemme 1, während die Klemme 2 die zweite Elektrode der erregenden Kette aufnimmt. Das eine Ende der Inductionsrolle wird mit der Klemme 3 verbunden. Die Klemme 4 endlich erhält einen Drath, der sich zu dem eingeschalteten thierischen Theile begibt. Dieser bekommt noch einen zweiten Drath, der mit dem anderen Ende der Inductionsspirale verbunden ist. Drückt das Platinblättchen des ersten Kupferbleches gegen die ihm gegenüberstehende Platinspitze, so ist der inducirende Kreis geschlossen. Die Wiederholung des Gleichen für das zweite Kupferblech schliesst den Inductionskreis. Die durch die Schraube zu regulirende höhere oder tiefere Stellung

der Platinspitze bestimmt die Länge des Weges, welche das Platinblättchen bis zur Berührung der Platinspitze zu durchlaufen hat. Man macht diesen Abstand für beide Kupferblätter gleich, wenn nicht besondere Nebenzwecke das Gegentheil fordern. Das Erstere ist in dem Folgenden immer vorausgesetzt.

Will man die gewöhnliche Wirkung der Magnetelektromotoren haben, so stellt man die Zähne der zwei Räder so ein, dass die Erhebungen und die Ausschnitte einander vollständig entsprechen. Der inducirende und der inducirte Kreis werden dann gleichzeitig geschlossen und geöffnet und man erhält die abwechselnden und einander entgegengesetztgerichteten Schliessungs- und Oeffnungsinductionsströme. Man kann auch die Sache so einrichten, dass der inducirte Kreis etwas früher geschlossen und etwas später geöffnet wird, indem man seine Platinspitze dem Platinblättchen etwas näher stellt, als dieses für den inducirenden Kreis der Fall ist.

Sollen die Schliessungs- oder die Oeffnungsströme allein zum Vorschein kommen, will man also mit stets gleichgerichteten Strömen arbeiten, so verschiebt man die Zähne der beiden Räder gegenseitig so, dass der von einem Zahne des ersten Rades ausgehende Anzeigestift einem Ausschnitte des zweiten Zahnrades entspricht. Fig. 22. zeigt die Räder in einer solchen gegenseitigen Lage. Man findet dabei bald die zweckmässigste Stellung. Dreht man z. B. von links nach rechts, so wird der Inductionskreis früher geschlossen und früher geöffnet, als der inducirende. Man erhält daher nur die dem inducirenden Strome entgegengesetztgerichteten Schliessungsinductionsströme, nicht aber die ihm gleichlaufenden Oeffnungsinductionsströme. Dreht man dann von rechts nach links, so kehrt sich die Folge der Erscheinungen um. Der inducirende Kreis wird früher geschlossen und eher geöffnet, als der inducirte. Man hat nur die dem inducirenden gleichgerichteten Oeffnungsinductionsströme und nicht die entgegengesetzten Schliessungsinductionsströme. Ein paar langsame Drehungen lehren bald, ob man die richtige Einstellung getroffen hat, damit alle diese Bedingungen mit Schärfe erfüllt werden.

Das Drehen von freier Hand pflegt unregelmässiger auszufallen, als die nicht regulirte beschleunigte Bewegung eines fallenden Gewichtes. Man wird ein solches in passenden Fällen als Triebkraft benutzen, wenn man kein regulirtes Uhrwerk gebrauchen will oder kann. Die Handhabe *i* Fig. 22. lässt sich desswegen von dem Disjunctor entfernen und dafür ein Stück *h* ansetzen, das eine grössere und eine kleinere Rolle mit Schnur und Gewicht trägt.

Das letztere besteht aus einem hohlen Messingcylinder, den man durch das Einlegen von Bleistücken schwerer und leichter machen und an einer beliebigen Stelle der Schnur befestigen kann. Es ist schon hierdurch die Möglichkeit gegeben, die Geschwindigkeit der Drehung der Welle und der die Zahnräder tragenden Achse wechseln zu lassen. Sie fällt überdiess grösser aus, wenn man die umfangreichere Rolle gebraucht, weil diese mit einem grösseren Hebel als die kleinere, die Achse angreift. Man erhält nur Schliessungs- oder nur Oeffnungsströme, je nachdem man die Schnur von rechts nach links oder umgekehrt umwickelt. Ein Sperrhaken *g* Fig. 22., der zurückgezogen wird, löst erst die Bewegung der Rolle aus, wenn alles Uebrige vorbereitet ist. Langsame Drehungen machen es möglich nachzusehen, wie viel Schliessungs- oder Oeffnungsströme auf ein Ablaufen der Schnur kommen. Ich pflegte es so einzurichten, dass das Ablaufen der grösseren Rolle 72 Ströme in ungefähr $2^1/_2$ bis nicht ganz 3 Secunden lieferte. Die kleinere gab dann 90.

Man kann natürlich jedes der beiden Räder als Disjunctor für galvanische Ketten oder als Blitzrad überhaupt gebrauchen. Die eine Elektrode derselben geht unmittelbar oder nachdem sie eine Rolle für die Extraströme durchsetzt hat, zur Klemme 1. Die Klemme 2 enthält einen Drath, der sich zu dem thierischen Theile begibt. Dieser enthält noch die zweite Elektrode der Kette. Will man eine metallische Nebenschliessung rasch ein- und ausschalten, so verbindet man z. B. den positiven Pol mit 1 und den negativen mit 2. Ein Drath geht von 1 und einer von 2 zu dem thierischen Theile. Die metallische Nebenschliessung ist eingeschaltet, so wie das Platinblättchen die Platinspitze berührt. Dasselbe Princip lässt sich für die Einschaltung eines zweiten thierischen Theiles gebrauchen.

Wir haben §. 175. gesehen, dass der Disjunctor für Untersuchungen über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Nervenerregung und in allen Fällen überhaupt benutzt werden kann, wo man zwei verschiedene Strecken desselben Nerven oder zweier Nervenstämme rasch hinter einander reizen oder mit einer anderen Vorrichtung z. B. einem Galvanometer verbinden will. Die Punkte des ersten Nervenstückes werden mit 1 und 2 und die des zweiten mit 3 und 4 vereinigt. Beide Platinblättchen berühren die Platinspitzen im Ruhezustande nicht. Eine kleine Drehung oder das Auflegen eines Gewichtes reicht hin, nur 1 und 2 und eine entgegengesetzte um 3 und 4 zu schliessen.

§. 364. **Man kann** mit diesem Disjunctor untersuchen, wie sich die einseitigen Schliessungs- und Oeffnungswirkungen des Inductionsstromes zu den abwechselnden des Magnetelektromotors verhalten. Eine gelungene Versuchsreihe wird uns die Verhältnisse klar machen. Sie betraf einen kurz vorher enthirnten Frosch, dessen Hüftgeflecht dicht an der Wirbelsäule durchschnitten war. Die amalgamirten Elektrodennadeln, welche die erregenden Inductionsströme zuführten, waren in einer wechselseitigen Entfernung von einem Centimeter in der Gegend der Mitte des Hüftgeflechtes eingeführt. Die Belastung des Wadenmuskels, der die Curve aufschrieb, betrug 11,8 Grm. Ich liess die grössere der S. 204 beschriebenen Rollen für jeden Versuch ein Mal ablaufen. Man hatte dabei 72 inducirte Schliessungsströme in dem ersten, eben so viele Oeffnungsströme in dem zweiten und 36 Schliessungs- und 36 Oeffnungsströme in dem dritten Versuche innerhalb 2,5 bis 2,8 Secunden.

a) Schliessungsinductionsströme. — Die Reizung dauerte 2,7 Sec. Die erste Hauptsteigung von 0,60 Centimeter wurde in 0,23 Secunden erreicht und zwar:

Zeit in Secunden.	Entsprechende Hubhöhe in Centimetern.
0,08	0,18
0,16	0,43
0,23	0,60.

Dann folgte eine allmählige nachträgliche Steigung auf 0,72 Centimeter in 0,48 Secunden. Diese Hubhöhe erhielt sich 2,0 Secunden. Der Abfall auf 0,11 Cm. forderte 1,8 Secunden, nämlich:

Zeit in Secunden.	Entsprechende Hubhöhe in Centimetern.
0,6	0,29
1,2	0,15
1,8	0,11.

b) Oeffnungsinductionsströme. Reizungsdauer 2,5 Secunden. Die erste Haupterhebung von 0,79 Centimeter forderte 0,24 Secunden, im Einzelnen:

Zeit in Secunden.	Entsprechende Hubhöhe in Centimetern.
0,08	0,36
0,16	0,58
0,24	0,79.

Eine weitere allmählige Steigung auf 1,02 Centimeter brauchte 1,08 Secunden. Die Hubhöhe erhielt sich während 1,2 Secunden.

Der Abfall bis auf 0,1 Centimeter erfolgte innerhalb 1,8 Secunden nämlich:

Zeit in Secunden.	Entsprechende Hubhöhe in Centimetern.
0,6	0,24
1,2	0,16
1,8	0,11.

c) Abwechselnde Schliessungs- und Oeffnungszuckungen. Reizungsdauer 2,6 Secunden. Die erste Hauptsteigung von 0,65 Centimeter kam in 0,22 Secunden zu Stande und zwar:

Zeit in Secunden.	Entsprechende Hubhöhe in Centimetern.
0,07	0,32
0,14	0,50
0,22	0,65.

Die allmählige nachträgliche Erhebung auf 0,78 Cm. forderte 1,2 Secunden. Diese Höhe erhielt sich 1,2 Secunden. Die Absenkung auf 0,21 Centimeter brauchte 2,2 Secunden, nämlich:

Zeit in Secunden.	Entsprechende Hubhöhe in Centimetern.
0,73	0,30
1,46	0,27
2,2	0,21.

Da das Zuggewicht beständig blieb, so verhielten sich die Nutzwirkungen wie die grössten Hubhöhen. Man hatte daher in den drei Fällen 0,72 : 1,02 : 0,78 oder annähernd wie 0,7 : 1,0 : 0,8.

Die Arbeitsleistungen ergaben:

Erregung durch Induction der	Arbeitsleistungen in Grammen-Centimeter-Secunden.				
	Erste Hauptsteigung.	Nachträgliche allmählige Erhebung.	Nahezu beständige Hubhöhe.	Erschlaffung.	Gesammtleistung.
Schliessungsströme.	0,81	3,73	16,99	6,80	28,33
Oeffnungsströme.	1,22	11,60	14,44	10,83	38,09
Abwechselnden Schliessungs- und Oeffnungsströme.	1,27	10,19	11,05	10,12	32,63

Nicht nur die Nutzwirkung, sondern auch die Gesammtleistung ist also bei dem Gebrauche der Schliessungsströme verhältnissmässig am kleinsten und bei dem der Oeffnungsströme am grössten. Die abwechselnden Ströme der gewöhnlichen Magnetelektromotoren liefern Nutzwirkungen und Gesammtsummen von Arbeitsleistungen, die zwischen jenen beiden Grenzwerthen liegen, sich aber denen der blossen Schliessungsströme mehr nähern, als denen der Oeffnungs-

ströme. Dieser Satz gilt auch für die Gesammtsumme der Leistungen der allmähligen nachträglichen Erhebung und der nahezu beständig bleibenden Hubhöhe. Sie gab z. B. 20,72 Grammen-Centimeter-Secunden für die Schliessungs-, 26,04 für die Oeffnungs- und 21,24 für die gemischten Ströme. Bedenkt man, dass die Reizungsdauer 2,7 Secunden im ersten, 2,5 im zweiten und 2,6 im dritten Falle betrug, so sieht man, dass sich noch grössere Unterschiede ergeben hätten, wenn vollkommen gleiche Erregungszeiten hergestellt worden wären.

§. 365. Hat man die amalgamirten mit der Inductionsrolle verbundenen Nadeln in die Gegend des Hüftgeflechtes oder des Hüftnerven eines Frosches eingestochen und bildet der Disjunctor einen Theil des inducirenden Kreises, so erreicht man es endlich, dass nur die Oeffnungs-, nicht aber die Schliessungsströme bei einer gewissen nahezu beständigen Drehungsgeschwindigkeit der Räder wirken, wenn man die Inductionsrolle von der inducirenden allmählig entfernt. Dreht man rascher, so erhält man auch Zuckungen bei dem Gebrauche der Schliessungsströme. Man kann sich vorstellen, dass die frühere Wirkung des Schliessungsstromes zu schwach war, um als Zusammenziehung durchzubrechen. Eine schnellere Umdrehungsgeschwindigkeit steigert diese verborgene Nervenerregung, indem eine neue Unruhe der alten nachläuft und noch Reste derselben bei dem Zusammenstosse antrifft, deren Hinzutritt zu ihrer eigenen Grösse für eine wirksame Erregung hinreicht. Dieses Ergebniss ist das Analogon der Erscheinung, dass man das relative Maximum der vorhandenen Hubhöhe durch schnelleres Drehen eines Blitzrades vergrössern kann.

§. 366. Eine Abänderung des gleichen Versuches kann den Einfluss der Volta'schen Abwechselungen oder Alternative nachweisen. Man versteht hierunter die Erscheinung, dass die oft wiederholte oder die anhaltende Durchleitung einer Stromesrichtung durch den Nerven, diesen für die entgegengesetzte empfänglicher macht. Die Inductionsrolle wird von der inducirenden so weit entfernt, dass die Schliessungsströme wirkungslos bleiben, die Oeffnungsströme dagegen Zusammenziehungen herbeiführen. Man sendet hierauf eine grössere Reihe von Oeffnungsströmen durch den Nerven. Dreht man alsdann die Räder des Disjunctors in entgegengesetzter Richtung und zwar mit derselben Geschwindigkeit, wie im Anfange des Versuches, so geben jetzt die den Oeffnungsströmen entgegengesetzt gerichteten Schliessungsströme merkliche Zusammenziehungen. Der Versuch gelingt, der

inducirte Schliessungsstrom möge den Nerv auf- oder absteigend durchsetzen.

§. 367. Während die Längenabnahme, die Nutzwirkung und die Arbeitsleistungen des Muskels die mannichfachsten, wenn auch nicht absolut genauen, doch wenigstens annähernd richtigen Ausmessungen gestatten, ist dieses mit dem, was man als Muskelkraft bezeichnet hat, weniger der Fall. Die Hubhöhe ist eine einfache Function der Länge der Muskelfasern, so dass z. B. ein doppelt so langer parallelfaseriger und überall gleichartiger Muskel die zweifache Hubhöhe unter sonst gleichen Nebenverhältnissen liefern wird. Die Zahl der auf die Einheit des Querschnittes kommenden Fasern dagegen bestimmt die auf jene Einheit bezogene Kraftgrösse. Man hat diese auf zweierlei Weise aufzufassen gesucht.

§. 368. Ed. Weber betrachtet die Gleichgewichtskraft als die wahre Kraft des Muskels. Denkt man sich einen parallelfaserigen Muskel, wie den Zungenbeinzungenmuskel des Frosches, mit einem Gewichte a für jede Querschnittseinheit z. B. für jeden Quadratmillimeter Querschnitt beschwert, so wird er hierdurch um b ausgedehnt werden. Ist nun a so beschaffen, dass sich der Muskel gerade um b zusammenzieht, so entspricht a der gesuchten Kraftgrösse. Die Gleichgewichtskraft ist also diejenige auf die Querschnittseinheit des Muskels bezogene Zuggrösse, die den Muskel um eben so viel dehnt, als er sich unter dieser Belastung zusammenzieht, unter deren Einflusse also Dehnung und Hubhöhe gleichgross sind oder die Wirkung der Belastung durch die Verkürzung genau ausgeglichen wird, der nicht beschwerte und der beschwerte und verkürzte Muskel dieselbe Länge besitzen.

Es ist unmöglich, vollkommen sichere Werthe auf diesem Wege zu gewinnen. Man kann zunächst den Unterschied der natürlichen und der Dehnungslänge nicht genau genug bestimmen. Die Grösse der Zusammenziehung hängt von der Stärke der Erregung ab, so lange das überhaupt mögliche Maximum nicht erreicht worden. Findet man also eine Verkürzung, die der Dehnungslänge gleicht, so würde vielleicht eine stärkere Erregung, ein kräftigerer inducirender Strom, eine grössere Annäherung der Inductionsrolle an die inducirende oder ein rascheres Hämmern des Magnetelektromotors zu einer bedeutenderen Verkürzung führen. Da man endlich das der Gleichgewichtskraft scheinbar entsprechende Gewicht nicht bei dem ersten Versuche zu finden pflegt, so arbeitet man mit einem erschöpften Muskel, weil die genaue Ablesung der hier in Betracht kommenden

Hubhöhen eine kräftigere und längere elektrische Reizung fordert. Hält man sich an ungefähre Werthe, so kann man annehmen, dass im Frosche ein Kilogramm für jeden Quadratcentimeter Querschnitt der Gleichgewichtskraft zu entsprechen pflegt.

§. 369. Man sieht als Maximalkraft des Muskels diejenige auf die Querschnittseinheit bezogene Kraftgrösse an, die nur noch ein Minimum von Hubhöhe zum Vorschein kommen lässt. Diese Auffassungsweise hat den Uebelstand, dass die Grösse jenes Minimums der Längenabnahme des Muskels willkürlich festgesetzt werden muss. Man hat es z. B. zu $^1/_{10}$ Millimeter angenommen. Die auf den Quadratcentimeter kommenden Werthe betragen hier mehr, als das Fünffache der Gleichgewichtskraft.

§. 370. Die wirkliche Kraft eines Einzelfalles der Verkürzung entspricht der Gewichtsgrösse, die der Muskel bei seiner Zusammenziehung emporhebt. Wollte man aber auch nur diese auf die Querschnittseinheit zurückführen, so würde man sich von der Wahrheit entfernen, weil der Querschnitt keines Muskels gleichartig, sondern aus den an den verschiedenen Orten ungleich dicken Querschnitten des Perimysiums und den ebenfalls verschieden dicken Muskelfasern besteht. Eine solche Reduction wäre nur dann begründet, wenn das Verhältniss der verkürzungsfähigen zu den eingeschalteten, nicht arbeitenden Geweben überall dasselbe und die Kräfte der einzelnen Muskelfasern unter einander gleich wären.

§. 371. HELMHOLTZ fand schon bei seinen über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Nervenerregung angestellten Untersuchungen (§. 172.), dass eine gewisse minimale Stärke des elektrischen Stromes bedeutende Muskelleistungen hervorrufen kann. L. HERMANN[1]), der nur minimale Hubhöhen (§. 369.) dem Gastrocnemius gestattete, bemerkte dabei, dass dieselbe geringste wirksame Stromstärke für diesen Fall hinreichte, man mochte die Belastungen des Muskels zwischen 5 und 300 Grm. beliebig gesteigert haben. Dasselbe wiederholte sich, wenn man nicht den Nerven, sondern die Muskelmasse elektrisch reizte. Verstärkt man die Erregung des Nerven, so wächst die Muskelleistung bis zu einem gewissen Grade, den sie bei weiterem Wachsthume der Reizung nicht überschreitet. Die Zunahme erfolgt im Anfange rasch und später mit bedeutender Langsamkeit. MUNK[2]) fand noch, dass es gewisse ausgezeichnete

[1]) L. HERMANN, In Reichert und du Bois Archiv. 1861. S. 351—393. Vgl. auch dessen Grundriss der Physiologie des Menschen. Berlin 1863. 8. S. 199—202.

[2]) H. MUNK. Ebendaselbst. 1862. S. 1—46.

Stellen des Hüftnerven gibt, z. B. eine an dem Abgange des stärksten Oberschenkelastes und eine zweite an der Theilung des Hüftnerven des Frosches in seine beiden Hauptzweige, welche die günstigsten Punkte für die Erregungsmaxima liefern. Hat man den Nerven durchschnitten, so sinken diese einige Zeit darauf für die zuletzt genannten Orte rascher, als für die übrigen Stellen. Die Abnahme beginnt übrigens in der Mitte eines jeden solchen Nervenbezirkes und schreitet von da nach beiden Seiten hin fort.

Der §. 363. angegebene Disjunctor kann manche hier in Betracht kommende Erscheinungen nachweisen. Man richtet den Versuch so ein, dass ein einzelner Inductionsschlag des Schlitten-Magnetelektromotors den Nerven durchsetzt und entfernt die Inductionsrolle so weit von der inducirenden, dass der Oeffnungsstrom noch eine Muskelzusammenziehung einleitet, ein Schliessungsschlag hingegen nicht mehr wirkt. Es zeigt sich nun, dass diese verhältnissmässig schwächste Erregung nicht bloss für geringe, sondern auch für sehr starke Belastungen hinreicht. Der Wadenmuskel eines Frosches, dessen Gehirn unmittelbar vorher zerstört worden, lieferte z. B. bei der Erregung einer 6 Mm. langen Strecke des durchschnittenen Hüftgeflechtes:

Belastung in Grm.	Grösste Hubhöhe in Centimetern.	Zeit in Secunden. Steigende Zusammenziehung.	Zeit in Secunden. Erschlaffung.
4,8	0,12	0,04	0,15
41,8	0,09	—	—
101,8	0,07	—	—
151,8	0,06	0,08	0,08.

Es ergibt sich demnach, dass hier noch die gleichen Erscheinungen, wie bei stärkeren Erregungen, wiederkehren. Die Hubhöhen nehmen ab und die Zeitunterschiede der steigenden und der fallenden Verkürzung verkleinern sich mit der bedeutenden Zunahme der Belastung.

Dreht man die Kurbel, so dass eine Reihe von Oeffnungsinductionsströmen rasch auf einander folgt, so kann sich auch hier die Hubhöhe in günstigen Fällen verlängern. Man findet aber zugleich, dass sich die Empfänglichkeit rasch verliert. Wendet man nun die Kurbel nach entgegengesetzter Richtung, so erhält man bisweilen die überraschende Erscheinung, dass der schwächere, aber entgegengesetzt gerichtete Schliessungsschlag, der früher wirkungslos war, jetzt eine lebhafte Zuckung hervorruft, wenn selbst der

Muskel mit 101,8 Grm. belastet ist und der kräftigere Oeffnungsschlag eine bloss latente Erregung herbeiführt. Der Einfluss der Volta'schen Alternative (§. 366.) greift hier entscheidend ein.

So gering auch diese minimalen Erregungen an sich sind, so kann es doch auch hier vorkommen, dass die wiederholten Reizungen die Leistungen zuerst erhöhen, ehe sie dieselben erniedrigen. Diese Wirkungsweise zeigte sich am auffallendsten an einem 30 Stunden vorher enthirnten Frosche: Man hatte z. B. bei dem Gebrauche eines einzigen Oeffnungsschlages:

Belastung in Grm.	Grösste Hubhöhe in Centimetern.	Verkürzungszeit in Secunden.
4,8	0,25	0,27
41,8	0,22	0,20
101,8	0,17	0,19
151,8	0,19	0,27.

Liess ich das Drehungsrad durch das Zuggewicht ungefähr zwei Secunden lang ablaufen, während die Zahnräder so gestellt waren, dass Wechselströme, wie bei den gewöhnlichen Magnetelektromotoren, durchgingen, so fand sich in ähnlicher Weise:

Belastung in Grm.	Grösste Hubhöhe in Centimetern.	Verkürzungszeit in Secunden.
4,8	0,68	0,70
41,8	0,46	0,30
101,8	0,18	0,20
151,8	0,27	0,24.

Diese Erfahrungen lehren zugleich, dass die tetanische, durch die Minimalerregung hervorgerufene Verkürzung weniger lange, als das Ablaufen der Rolle anhielt. Man findet ferner bei solchen Gelegenheiten, dass die Erschöpfung bei dem Gebrauche von Wechselströmen etwas später eintritt, als bei dem von Oeffnungsschlägen, wenn diese allein wirken. Der dazwischen fallende Schliessungsschlag liefert nicht bloss einen Augenblick der Ruhe, sondern geht auch in entgegengesetzter Richtung, als der Oeffnungsschlag dahin.

§. 372. Diese Thatsachen bestätigen abermals, dass man nicht aus der Grösse der Muskelleistung auf die der Nervenreizung zurückschliessen darf (§. 215.). Es ist immer im Auge zu behalten, dass schon die geringste wirksame elektrische Erregung einen grossen Theil der überhaupt möglichen Wirkung des Muskels, selbst für die stärksten Widerstände, hervorzurufen im Stande ist und umgekehrt die

fernere Erhöhung der Reizung überhaupt wirkungslos wird, so wie ein Mal die grösste zuletzt asymptotisch wachsende Muskelarbeit erreicht worden ist. Diese Thatsachen lassen sich am einfachsten nach der §. 104. entwickelten Vorstellungsweise begreifen, dass der Nerv nur den ersten Anstoss für die unendlich nahe liegenden Querschnitte der Muskelmasse gibt und sich dann die in diesen vorgehende Aenderung von Querschnitt zu Querschnitt ferner mittheilt. Die bedeutende Kraftentwickelung aller Molecularvorgänge macht es begreiflich, wesshalb der auch nur durch das Minimum der Nervenerregung zusammengezogene Muskel die bedeutendsten Belastungen zu heben im Stande ist.

§. 373. Viele Muskeln werden von mehr als einem Bewegungsnerven versorgt. Die Frage, wie sich die Erregung eines einzelnen zu der der Summe aller verhält, lässt sich nicht im Allgemeinen beantworten, weil hier die Verbreitung der Nervenverzweigung und die Stärke der Reizung in Betracht kommen.

Denkt man sich z. B., ein gerad- und parallelfaseriger Muskel werde in seiner oberen Hälfte von einem ersten und in seiner unteren von einem zweiten Nervenstamme in der Art versorgt, dass die Zweige eines jeden den ganzen Querschnitt beherrschen, so kann die nachträgliche Erregung des zweiten Stammes nach der ersten nicht die Kraftgrösse, sondern nur die Längenabnahme des Muskels vermehren. Dieser Zuwachs der Leistung nach der Reizung beider Nervenstämme über die eines einzelnen wird Statt finden, wenn nicht schon die maximale Leistungsfähigkeit des Muskels auf irgend einem Wege sonst erreicht worden. Beherrscht aber jeder Stamm der Bewegungsnerven nur einen Theil des Querschnittes des Muskels, so wird die Reizung aller die Kraftgrösse vermehren, also ein Wachsthum der Leistung selbst bei gleicher Hubhöhe möglich machen.

Einige Beispiele, die dem Wadenmuskel des Frosches entnommen sind, mögen den Einfluss der verschiedenen Nervenstämme klar machen. Die vier letzten Rückenmarksnerven, der siebente oder nach VAN DEEN'S Benennung der Nervus inguinalis, der achte N. cruralis, der neunte N. ischiadicus und der zehnte N. pudendus bilden das Hüftgeflecht. Die drei ersten oder nur der achte und der neunte beherrschen den Wadenmuskel[1]). Ich halbirte einen

[1]) Vgl. schon C. ECKHARD in Henle und Pfeufer's Zeitschrift. Bd. VII. 1849. S. 280—310. Aehnliche Beobachtungen über das Armgeflecht des Kaninchens gibt PEYER, Ebendaselbst, Neue Reihe. Bd. IV. 1853. S. 52—77.

unmittelbar vorher getödteten grossen Frosch, sonderte den durchschnittenen siebenten, achten und neunten Nerven und schlug sie zurück. Die Elektroden der Inductionsrolle des Magnetelektromotors enthielten eine Wasserröhre eingeschaltet, damit die Leitungswiderstände der verschiedenen Nervenstämme nicht in Betracht kämen. Die amalgamirten Nadeln, welche die Enden derselben bildeten, gingen durch einen Kork, der in dem oberen Theile des Thieres mit einer Nadel so befestigt wurde, dass sie in der Luft schweben und mit den einzelnen Nerven überbrückt werden konnten. Der Quecksilbertropfen des Uhrwerkes (Fig. 8. S. 86.) bewirkte den Schluss und die Oeffnung der aus 8 Zinkkohlenelementen bestehenden Kette. Die Dauer des Durchganges des Stahlstiftes durch denselben glich 2 bis 3 Secunden.

Verhältnissmässig starke Inductionsströme bei Sperrung des Hammerwerkes des Magnetelektromotors gaben:

Gereizter Nervenstamm.	Schliessungsstrom.			Oeffnungsstrom.		
	Grösste Hubhöhe in Centimetern.	Zeit in Secunden.		Grösste Hubhöhe in Centimetern.	Zeit in Secunden.	
		Steigende Erhebung.	Erschlaffung.		Steigende Erhebung.	Erschlaffung.
1) Leistennerv	—	—	—	kaum 0,03	—	—
2) Schenkelnerv	0,30	0,06	0,10	0,35	0,08	0,11
3) Hüftnerv	0,10	0,04	0,12	0,10	0,04	0,11
4) Schenkel- u. Hüftnerv	0,33	0,06	0,12	0,32	0,06	0,12
5) Alle drei Stämme	—	—	—	0,29	0,05	0,10

Das Spiel des Magnetelektromotors während 2 bis $2^1/_2$ Secunden bei der früheren Stellung der Rollen lieferte:

Gereizter Nervenstamm	Erste Erhebung in Centimetern.	Zeitdauer derselben in Secunden.	Nachträgliche Erhebung in Centimetern. 1,2 Secunden später.	Gleichbleibende Verkürzung in Centimetern.	Dauer derselben in Secunden.
6) Leistennerv	0,12 *	—	0,14	—	—
7) Schenkelnerv	0,53	0,11	0,79	0,79	1,2
8) Hüftnerv	0,49	0,14	—	0,49	2,0
9) Schenkel- u. Hüftnerv	0,60	0,13	0,70	0,70	0,6
Eine Viertelstunde später.					
10) Leisten-, Schenkel- und Hüftnerv	0,63	0,13	0,72	0,72	0,96
11) Schenkel- u. Hüftnerv	0,60	0,12	0,68	0,68	1,0
12) Hüftnerv	0,45	0,13	0,61	0,61	0,96
13) Schenkelnerv	0,56	0,13	0,61	0,61	0,96

Der Schenkelnerv, welcher der dickste von allen ist, lieferte im Allgemeinen die kräftigsten Wirkungen, der Hüftnerv geringere und der Leistennerv die unbedeutendsten. Die Erregung der Summe zweier oder dreier Nervenstämme führte zwar zu bedeutenderen Hubhöhen, als die einzelner, vorausgesetzt, dass keine Erschöpfung störend eingriff. Allein das auf diese Art erhaltene Maximum blieb hinter der Summe der Hubhöhen der gesondert gereizten Nervenstämme bedeutend zurück. Die von dem zweiten Nervenstamme ausgehende Erregung wirkt daher verhältnissmässig weniger, als wenn sie allein thätig ist.

Man sieht schon aus Nr. 5, dass alle drei Nervenstämme zusammen eine kleinere Hubhöhe, als ein einzelner liefern können. Es kam mir sogar in anderen Beobachtungen vor, dass ihre Reizung erfolglos blieb, wenn die überbrückten Nerventheile dicht bei einander, wie ein Nervenstamm gelegt waren und die einzelnen Stämme später noch Verkürzungen herbeiführten. Die Ursache dieser eigenthümlichen Erscheinung ist mir nicht klar geworden. Fehler der Anordnung lagen ihr jedenfalls nicht zu Grunde. Es wäre dagegen denkbar, dass eine dickere besser leitende Flüssigkeitsschicht nur unbedeutende Stromstärken den Nerven selbst überlassen hätte.

§. 374. Ich habe ähnliche Versuchsreihen mit dem grösstmöglichen Rollenabstande, also mit möglichst schwachen Strömen, die jeden Verdacht von secundären oder von paradoxen Zuckungen (§. 244. und 281.) ausschlossen, angestellt. Die Hauptergebnisse blieben dieselben. Es kamen aber ausserdem noch mehrere Eigenthümlichkeiten zum Vorschein. Die Erschöpfung für die schwache Erregung kann bei jedem einzelnen Nervenstamme so rasch eintreten, dass schon der zweite Versuch missglückt, man mag, welche Stromesrichtung man wolle, gebrauchen. Die äusserste Minimalgrenze des Stromes führt oft zu dem Ergebnisse, dass das 2 bis 2½ Secunden dauernde Hämmern des Magnetelektromotors keine anhaltende Zusammenziehung, sondern nur einzelne klonische Verkürzungen z. B. während 0,20 Secunden erzeugt oder selbst nur die letzte Oeffnungszuckung thätig eingreift. Die Wirkungslosigkeit bei dem Auflegen aller drei Stämme, während diese einzeln noch Erfolge gaben, ist mir auch hier vorgekommen.

§. 375. Man kann zuverlässige Bestimmungen der **Wärmeschwankungen**, welche die Muskelverkürzung und die Nerventhätigkeit begleiten, nur durch feinere thermo-elektrische Bestimmungen erhalten. Man gebraucht hierzu empfindliche Thermo-

multiplicatoren. Die zarteren Unterschiede werden mittelst der Poggendorff-Gauss'schen Spiegelablesung gewonnen. Man versieht zu diesem Zwecke die Mitte des astatischen Nadelpaares mit einem ebenen Spiegel oder macht den der Ablenkung unterworfenen Magneten selbst zum Spiegel, wie dieses in der Wiedemann'schen Tangentenboussole der Fall ist. Da man die Ablesung durch Scale und Fernrohr in beliebiger Entfernung von dem Instrumente vornehmen kann, so lassen sich die kleinsten Drehungswinkel auf diesem Wege bestimmen.

§. 376. Solger, Thiry und Meyerstein bemerkten, dass sich bisweilen der sich zusammenziehende Muskel vor der Erwärmung abkühlt. Die beiden letzteren Forscher leiten dieses von einer Erhöhung der Wärmecapacität desselben her. Ich sah die Temperaturabnahme in den quergestreiften und in den einfachen Muskelfasern des Frosches, nicht aber in denen des Murmelthieres. Man hat später eine Wärmeerhöhung, die sich nach Solger auch nach dem Aufhören der Zusammenziehung vergrössern kann.

§. 377. Die Wärmemenge, welche die Zusammenziehung frei macht, steigt im Allgemeinen nach Heidenhain mit der Stärke der Leistung. Da die Gesetze dieses Wachsthumes noch nicht bekannt und die oben erwähnten Vorrichtungen nur in geübten Händen mit Sicherheit zu gebrauchen sind, so lässt sich die Ausmessung der Muskelleistung auf diesem Wege vorläufig nicht empfehlen. Dasselbe gilt von der noch feineren Bestimmung der Wärmeerhöhung des Nerven während der Thätigkeit desselben.

§. 378. Die elektromotorischen, an dem Galvanometer nachweisbaren Eigenschaften können ebenfalls nicht benutzt werden. Der Strom des ruhenden Muskels oder Nerven wächst zwar im Allgemeinen mit der Lebenskräftigkeit dieser Gebilde. Die Schwankungen desselben während der Thätigkeit fallen auch in dem letzteren Falle beträchtlich aus. Da aber sichere quantitative Bestimmungen für jetzt unmöglich sind, so muss auch jeder ernste Versuch, die elektromotorischen Kräfte zu genügenden Ausmessungen zu benutzen, hinwegfallen.

§. 379. Die vorläufig unüberwindlichen Schwierigkeiten, welche sich einer befriedigenden chemischen Analyse der Muskelmasse entgegenstellen, machen es unmöglich nachzusehen, wie sich die Bestandtheile des Muskels mit seiner Lebenskräftigkeit, seiner Ruhe, seiner Verkürzung oder seiner Ermüdung ändern. Die anhaltende Zusammenziehung vergrössert die Menge des Kreatins und der Milch-

säure. SAROKOW glaubt aus seinen Versuchen schliessen zu können, dass zugleich Kreatin in Kreatinin übergeht. Nur die in Wasser löslichen Bestandtheile nehmen nach HELMHOLTZ ab, während die in Weingeist löslichen des Wasserauszuges wachsen.

J. RANKE[1]) fand, dass man die Kräfte des ermüdeten Muskels herstellen kann, wenn man die Zersetzungsproducte, die der Muskel erzeugt hat, auf irgend eine Weise entfernt, also z. B. indem man das Blut durch eine indifferente Flüssigkeit, wie eine halbprocentige Kochsalzlösung verdrängt und so eine endosmotische Aufsaugung möglich macht. Man vermag umgekehrt die Leistungsfähigkeit eines kräftigen Muskels herabzusetzen, wenn man die Fleischflüssigkeit eines durch die Tetanisation erschöpften Muskels oder eine Lösung von Milchsäure in die Gefässe des Muskels spritzt. Neutralisirt man die freie Milchsäure durch kohlensaueres Natron, so erhöht sich wiederum die Empfänglichkeit des Muskels. Die Erholung desselben in dem unversehrten Thiere nach der Aufhebung des Blutlaufes oder in dem galvanischen Froschpräparate würde auf einer ähnlichen allmähligen Wirkung der alkalischen Lymphe beruhen, wenn man voraussetzen darf, dass die Neutralisation nicht bloss durch die unmittelbar benachbarte, sondern auch durch die auf dem Wege der Diffusion langsam vordringende entfernte Lymphe zu Stande kommt.

§. 380. Empfindliches Lacmuspapier weist nach, dass der ruhende Muskel neutral bis schwach alkalisch, der durch die Zusammenziehung ermüdete dagegen sauer ist. Dieser von DU BOIS zuerst betonte Unterschied erklärt sich aus der Anwesenheit freier Milchsäure. Sie tritt auch früher oder später in dem der Luft ausgesetzten oder auch von ihr durch Oel oder Quecksilber abgeschlossenen Muskel auf, wenn er seine Reizbarkeit verloren hat. Man bemerkt sie eher an den künstlichen Querschnitten, als an der natürlichen Längsfläche. Reagiren auch jene im Anfange neutral, so werden sie doch früher oder später sauer. Ein vor kurzem in Todtenstarre verfallener Muskel pflegt die sauere Reaction auf allen Querschnitten ohne weiteres darzubieten. Die spätere Fäulniss stellt die Alkalescenz wiederum her.

FUNKE fand die gleiche Säurebildung in den Nerven und dem Rückenmarke wie in den Muskeln. Die Ermüdung und das Absterben rufen sie hier ebenfalls hervor.

---

[1]) J. RANKE in Reichert und du Bois' Archiv. 1863. S. 422—450.

DU BOIS hat schon zwei Ausnahmen auf diesem Gebiete hervorgehoben. Das Herz reagirt trotz seiner Thätigkeit neutral bis alkalisch wie ein ruhender Muskel, und die aus einfachen Muskelfasern bestehenden Massen bieten die Säurebildung nicht dar.

Man könnte die sauere Reaction des Muskels oder des Nerven dadurch zu messen suchen, dass man denselben mit einer bestimmten Menge einer empfindlichen Lacmustinctur oder einer anderen passenden Flüssigkeit behandelt und die Farbenänderung nach einer Farbenscale ermittelt. Einfacher ist ein anderes Verfahren, das auf dem Absorptionsvermögen, vorzugsweise der Muskeln für Kohlensäure beruht.

§. 381. Bringt man einen in einer Platindrathspirale enthaltenen Muskel in eine graduirte Eudiometerröhre, die durch Quecksilber abgesperrt worden, liest von Zeit zu Zeit den Stand des inneren und des äusseren Quecksilberspiegels mit dem Fernrohre ab und führt das gefundene Luftvolumen auf ein willkürliches Normalvolumen z. B. auf ein solches von 760 Millimeter Barometerdruck, 0° C. Wärme und den trockenen Zustand zurück, so erhält man eine Reihe unter einander vergleichbarer Werthe. Es zeigt sich dabei, dass z. B. der Wadenmuskel des Frosches die Kohlensäure in der ersten Zeit mit abnehmender Geschwindigkeit verschluckt. Man gelangt daher zu einem Zeitpunkte, in dem das Gasvolumen keine merkliche Aenderung im Verhältniss zu einer kurz vorher vorgenommenen Ablesung verräth. Man bemerkt dagegen später, dass es wiederum wächst. Die Prüfung mit Kalikugeln lehrt dann, dass Kohlensäure ausgeschieden wird. Die sich erzeugende Milchsäure treibt einen Theil der vorhandenen Kohlensäure aus. Es kommt dabei vor, dass das Volumen der freien Kohlensäure schon zunimmt, wenn selbst der Muskel noch nicht sauer gegen empfindliches Lacmuspapier reagirt. Man kann sich dieses daraus erklären, dass ein kleiner Theil des Muskels sauer geworden und die übrige alkalische Muskelmasse und die alkalische Lymphe die sauere Reaction für das Reagenspapier verdecken. Eine solche Täuschung ist natürlich bei der ausgetriebenen Kohlensäure nicht möglich.

§. 382. Es erklärt sich aus dem eben Dargestellten, wesshalb ein ermüdeter Muskel, der in eine Atmosphäre von reiner Kohlensäure gebracht worden, weniger von dem Gase verschluckt, als ein ausgeruhter. Kann man voraussetzen, dass zwei in dieser Beziehung vergleichend untersuchte Muskeln dieselbe Kohlensäuremenge im ruhenden Zustande aufgenommen haben würden, so gäbe der

Unterschied der Absorptionscoëfficienten des einen ausgeruhten und des zweiten ermüdeten ein Maass der Ermüdungsgrösse oder vielmehr einen Aequivalentausdruck für die Säuremengen, welche die Verkürzung hinterlassen hat.

§. 383. Die meisten der bis jetzt erwähnten Prüfungsarten der Wirkungen der Muskelmasse bieten den Uebelstand dar, dass ihre Ergebnisse nicht selten mehrdeutig sind. Sie können von dem ausschliesslichen Einflusse der Nerven oder der Muskeln oder dem gemeinschaftlichen beider abhängen. Es wäre unter diesen Verhältnissen von wesentlichem Nutzen, wenn sich Methoden auffinden liessen, mittelst deren man die Kräfte der Bewegungsnerven unabhängig von der Uebersetzung in Muskelzusammenziehung messen könnte. Dieses ist bis jetzt nur in sehr beschränktem Maasse möglich geworden. Wir sahen §. 375 fgg., dass die elektromotorischen Eigenschaften und die Wärmeänderungen während der Thätigkeit noch nicht benutzt werden können. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Nervenerregung ist im Ganzen genommen zugänglicher. Wir werden sie daher noch bei der Betrachtung der örtlichen Nervenstörungen und anderer krankhafter Verhältnisse berücksichtigen.

Bedenkt man übrigens, dass die Muskeln in der Mehrzahl der zu untersuchenden Fälle gesund und nur die Nerven in regelwidriger Weise thätig sind, dass die vergleichende Durchleitung elektrischer Ströme durch die Muskelmasse und die Bewegungsnerven über den Zustand der ersteren und der in ihr enthaltenen Nervenenden belehren kann, so verliert sich meist die Zweideutigkeit der Prüfungsmethoden, in denen die Nerventhätigkeit durch die Muskelverkürzung ausgemünzt wird.

b) Untersuchungen an dem unversehrten Menschen unter regelrechten und unter krankhaften Verhältnissen.

§. 384. Die physiologische Bestimmung der mechanischen Muskelleistungen setzt oft voraus, dass man die gesonderte Sehne eines Muskels oder einen anderen mit diesem oder jener unverrückbar zusammenhängenden Theil an einer beliebig zu belastenden beweglichen Vorrichtung befestigt hat. Die Achillessehne wird in dieser Hinsicht in den verschiedensten Thieren am häufigsten benutzt. Arbeitet man am Frosche, so ist es meist vortheilhafter, die Zehen zu entfernen, alle Gebilde des untersten Bezirkes des Unterschenkels bis auf die Achillessehne quer zu trennen und die Fussplatte mit der Zugvorrichtung zu verbinden. Man würde irren, wenn man hieraus

schliessen wollte, dass sich die in dem vorigen Abschnitte geschilderten Ausmessungen der mechanischen Wirksamkeit der Muskeln auf den unversehrten Menschen nicht übertragen lassen, weil hier jede blutige vorbereitende Präparation unmöglich ist. Eine nähere Betrachtung kann vielmehr zeigen, dass ziemlich einfache Vorrichtungen für die meisten Fälle ausreichen.

§. 385. Handelt es sich um die elektrische Reizung des Bezirkes eines Nerven, eines Muskels oder der Haut, so stehen zwei Hauptwege offen. Man kann die Theile unmittelbar oder mittelbar anregen.

Berührt man die zu reizende Hautstelle mit der einen trockenen Elektrode und einen entfernten Körperbezirk mit der zweiten trockenen oder feuchten, so leistet die Oberhaut, die als Hornmasse schlecht leitet, einen bedeutenden Widerstand. Ist sie sehr trocken und dick, so kann sie vollkommen als Isolator wirken und den elektrischen Kreis unterbrechen, so dass jede Wirkung ausbleibt. Geschieht dieses nicht, so sucht sich die Elektricität die schmalen feuchten Leitungsbahnen, die an und zwischen den Oberhautblättchen zu Gebote stehen. Sind sie verhältnissmässig sparsam und besitzen sie kleine Querschnitte, so werden die in ihnen dahingehenden Stromfäden um so dichter, je mehr der Weg selbst eingeengt ist. Man erhält dann eine entsprechende Summe einzelner stark erregter Punkte. Das Gefühl eines heftig stechenden Schmerzes kann auf diese Art zum Vorschein kommen.

Gestatten die Nebenverhältnisse die Einführung von Acupuncturnadeln, so kann dasselbe Verfahren, wie man es für Thiere gebraucht, zur unmittelbaren Reizung der Nervenstämme oder der Muskeln des Menschen dienen. Man wird hier wiederum amalgamirte Metallnadeln (§. 137.) am zweckmässigsten gebrauchen. Da diese die Elektricität weit besser, als die mit wässrigen Lösungen getränkten thierischen Theile leiten, so geht die stärkste Stromesintensität durch sie und nicht durch die Thiergewebe, welche sie vor ihrem Ende durchsetzen. Der kräftigste Stromzweig verbindet dann die beiden Endspitzen auf kürzester Bahn, wenn die dazwischenliegende Masse des Nerven oder des Muskels zu keinen Umwegen vermöge der Ungleichheit des Leitungsvermögens der einzelnen Gewebtheile nöthigt. Die Intensität der ausserdem noch dahingehenden Nebenströme stuft sich nach Maassgabe der Länge und der Breite ihrer Bahnen, mithin wiederum je nach Verschiedenheit der Leitungswiderstände der Massen, die sie durchlaufen, ab. Das

Gesetz, dass die Stromstärke mit dem Leitungswiderstande abnimmt, diese aber mit der Länge und der Kleinheit des Querschnittes wächst und die Ueberlegung, dass dieselbe Elektricitätsmenge um so mehr zusammengedrängt fliessen muss, je kleiner die Querschnittsfläche an dem gegebenen Punkte ist, können hier anzeigen, durch welche Gebilde und mit welcher Dichtigkeit die Elektricität strömt. Diese Normen erklären es auch, wesshalb man elektrische Vorrichtungen mit langen und dünnen Drähten zu Reizversuchen an Menschen und Thieren (§. 125.), solche mit kurzen und dicken dagegen für galvanokaustische Eingriffe gebraucht.

Jene Gesetze machen sich auch für die Beurtheilung der mittelbaren Erregung geltend. Man deckt zu diesem Zwecke die Elektroden mit feuchten Schwämmen oder mit anderen porösen Körpern. Sollen nun tiefere Theile gereizt werden, so befeuchtet man die Hautstellen, die man mit jenen berühren will, trocknet dagegen den Zwischenraum der Oberhaut, wenn er feucht ist, ab. Ist diese zu dick, so kann man die oberflächlichen Schichten derselben durch eine verdünnte Kali- oder Natronlösung theilweise auflösen. Da die trockenen Oberhautblättchen isolirend wirken, so geht die Elektricität in die Tiefe durch die Flüssigkeitsbahnen, die ihr die befeuchteten Anlagerungsstellen der Elektroden gestatten. Ihre Ströme verbreiten sich dann nach Maassgabe der Leitungswiderstände durch den stets wasserdurchtränkten Malpighi'schen Schleim, die Lederhaut, die Muskeln und die zugänglichen Nerven.

Soll sich nur ein einziger Muskel zusammenziehen, so bildet die Acupunctur das sicherste Mittel. Erlauben die Empfindlichkeitsverhältnisse nicht, sie in Gebrauch zu ziehen, so wird man die Elektroden an diejenigen Hautstellen anlegen, die den beiden Endpunkten des Muskels entsprechen und so starke Ströme benutzen, dass selbst die schwächeren Nebenströme, die den Muskel in verhältnissmässig kurzen Bahnen durchlaufen, diesen zur Zusammenziehung nöthigen. Die meist bedeutende Reizempfänglichkeit der Muskelmasse macht es in der Regel möglich, diese Aufgabe schon mit mässigen Stromstärken zu lösen. Es ergibt sich aus dem Dargestellten ohne weiteres, dass man keinen tieferen Muskel mittelbar reizen kann, ohne dass der oberflächlichere ebenfalls erregt wird.

§. 386. Eine einfache Vorrichtung könnte es möglich machen den grössten Theil der in dem vorigen Abschnitte erwähnten, an Thieren angestellten Versuche an den Gliedmaassen des Menschen

zu wiederholen und die Thätigkeit kranker Nerven oder Muskeln vielseitig auszumessen.

Eine für den Arm oder das Bein passend gestaltete Handhabe wird an demjenigen Körpertheile, den die Musculatur in einer bestimmten Richtung drehen soll, befestigt. Sie entlässt eine Schnur, die über einer Rolle zu einer Wagschale geht. Die Schwere von dieser, der Schnur und dem auf jene gelegten Gewichte bestimmt den zu überwindenden Widerstand. Hat die Wagschale einen Zeiger, der vor einer Scala spielt, so kann man die Hubhöhe unmittelbar ablesen. Wollte man das graphische Verfahren für vollständige Untersuchungen anwenden, so hätte man nur passende Zwischenstücke zwischen der Handhabe und dem aufschreibenden Theile anzubringen. Papier oder Glas, das mit dem Rauche einer Terpentinölflamme geschwärzt ist, dienten zum Aufzeichnen (§. 317 fgg.). Blieben die Tafel, die Scheibe oder der Cylinder unbeweglich, so erhielte man nur eine senkrechte gerade Linie, die dem zu irgend einer Zeit vorhanden gewesenen Bewegungsmaximum entspräche. Da aber vollständigere Prüfungen die Berücksichtigung der Zeitgrössen ebenfalls verlangen, so wird man für sie ein Uhrwerk gebrauchen, das einen Cylinder oder eine Kreisscheibe mit möglichst gleichförmiger Geschwindigkeit herumdreht (§. 175. und §. 319.). Ein Umgang in ungefähr zwei Secunden würde selbst für verhältnissmässig feinere Beobachtungen ausreichen. Gröbere gestatteten eine grössere Langsamkeit der Drehung.

Sollen die Ergebnisse sicher bleiben, so hat man zwei Bedingungen zu erfüllen. Die Handhabe muss an dem bewegenden Gliedtheile unverrückbar befestigt und dieser und die Uebertragungsstücke wiederum so gestellt sein, dass nur die eine aufzuzeichnende Hauptrichtung der Bewegung, meist also bloss die Beugung oder die Streckung, die Anziehung oder die Abziehung, die Vorwärts- oder die Rückwärtsdrehung möglich bleibt.

§. 387. Die Zähigkeit, mit der die Muskeln und die Nerven ihre Lebenseigenschaften bewahren, wechselt unter verschiedenen Verhältnissen. Hat man einen Bewegungsnerven eines Säugethieres durchschnitten, so kann sich die Empfänglichkeit aller freien Aeste desselben nach wenigen Tagen verlieren, während das Verkürzungsvermögen der Muskeln Monate lang und selbst mehrere Jahre anzuhalten vermag. Verfolgt man dagegen die Erscheinungen in dem Leichname, so ergibt sich das Umgekehrte. Die Muskeln des Kaninchens, die todtenstarr und reizlos geworden und den umge-

kehrten Muskelstrom liefern, können Nervenstämme einschliessen, die noch den richtigen Nervenstrom mit Elektrotonus und starker negativer Schwankung darbieten. Mit einem Worte, die Integrität des Blutlaufes erhält die Muskelkräfte, wenn auch die entsprechenden Bewegungsnerven durch Ernährungsstörungen zu Grunde gehen. Der Mangel des Kreislaufes dagegen lässt die Muskeln früher der Starre anheimfallen, als die Nerven ihre dem Leben eigenthümlichen elektromotorischen Eigenschaften einbüssen.

Man darf erwarten, dass beide Fälle unter krankhaften Verhältnissen im Menschen vorkommen können. Die elektrische Reizung wird dann den Hauptentscheid liefern. Man prüft zuerst den Bewegungsnerven an einer von dem Muskel entfernten Stelle, sei es auf dem Wege der Acupunctur oder, wenn diese zu schmerzhaft ist, mit Elektroden, die mit feuchten Schwämmen gedeckt worden. Erhält man hier keine Antwort, während sich die unmittelbar angesprochene Muskelmasse nachdrücklich zusammenzieht, so weiss man, dass der Nerv gelähmt ist, der Muskel dagegen seine Kräfte bewahrt hat. Schweigt der direct gereizte Muskel, so kann er allein oder er und der Bewegungsnerv unthätig sein.

§. 388. Die Einflüsse des Leitungswiderstandes müssen hier, wie in allen galvanischen Vergleichsversuchen, im Auge behalten werden. Dieser wächst in geradem Verhältniss der Länge und im umgekehrtem des Querschnittes. Arbeitet man mit einer sogenannten beständigen Batterie, z. B. einer Grove'schen (§. 128. und 249.), und benutzt die unmittelbaren Ströme derselben oder die durch sie erzeugten Inductionsströme, so werden dessenungeachtet die gebrauchten Stromstärken mit der zunehmenden Länge des gegenseitigen Abstandes der beiden Elektroden und der Verminderung der Dicke der durchflossenen Theile sinken. Die verschiedenen Stellen der Extremitäten des Menschen können in dieser Hinsicht Aenderungen, die sich nicht genau berechnen lassen, herbeiführen. Es gibt aber einen einfachen Kunstgriff, den wir schon bei Gelegenheit der Thierversuche kennen gelernt haben, der den Uebelstand beseitigt.

Enthält der Ketten- oder der Inductionskreis, in den man den thierischen Theil einschaltet, einen hinreichend grossen Leitungswiderstand, so wird der durch die Länge der Elektrodendistanz und den Querschnitt des Extremitätenstückes bedingte Wechsel einen verschwindend kleinen Einfluss auf die Stromstärke ausüben. Da der frische Muskel z. B. nach Ranke 115 Millionen Mal schlechter als Kupfer und der abgestorbene halb so gut die Elektricität leitet,

so versteht sich von selbst, dass man keinen Drathrheostaten nehmen darf. Man braucht aber nur ein langes und sehr dünnes Rohr, das man nach Maassgabe der Verhältnisse mit Wasser, Weingeist oder Oel füllt, in den Kreis einzuschalten, um immer mit einer nahezu gleichen Stromstärke zu arbeiten. Will man sich vor den durch die Polarisation bedingten Schwankungen (§. 128.) bewahren, so füllt man die Röhre mit einer gesättigten Lösung von schwefelsauerm Zinkoxyd und nimmt amalgamirte Zinkdräthe als die in sie hineinragenden Endstücke der Elektroden. Es ist nicht möglich, die elektrische Wirkung des Oberarmes und des Vorderarmes, des Ober- oder Unterschenkels ohne die Einschaltung eines grossen Widerstandes zu vergleichen.

§. 389. Die in dem ersten Abschnitte dieser Darstellung angegebenen Versuchsresultate liefern noch Mittel, die Zustände der Halblähmung genauer, als dieses bis jetzt geschehen, zu verfolgen. Einige Beispiele mögen das Gesagte näher erläutern.

§. 390. Handelt es sich in einzelnen Fällen nachzusehen, ob die Halblähmung zu- oder abgenommen hat, so kann ein zweckmässiger Gebrauch des Erregungsminimums die entsprechenden Werthe in Zahlen angeben. Man schaltet eine Boussole, einen Rheostaten und einen Schlittenmagnetelektromotor in den primären Kreis ein und regulirt den Rheostaten in jedem einzelnen Versuche so, dass die Boussole die gleiche Ablenkung gibt. Man ist also dann sicher, dass man jedes Mal mit der nahezu gleichen Stärke des inducirenden Stromes arbeitet. Nun erregt man den Nerven mittelst des Inductionsstromes, nachdem man die §. 388. erwähnte Widerstandsröhre eingeschaltet und entfernt die Inductionsspirale von der inducirenden so lange, bis eine weitere sehr kleine Verschiebung die Wirkungslosigkeit herbeiführt. Die gegenseitige Entfernung der einander zugewendeten Enden der inducirenden und der Inductionsrolle wird im Allgemeinen um so kleiner ausfallen, je mehr die Lähmung vorgeschritten. Die auf diese Art erhaltenen Zahlen können zum ungefähren Vergleiche für verschiedene Zeiten dienen, vorausgesetzt, dass die durch die Boussole bestimmte Stromstärke und der untersuchte Körpertheil immer die gleichen geblieben. Man darf aber nicht glauben, dass die Zahlenwerthe den Lähmungsgraden proportional sind.

§. 391. Die §. 335 fgg. erwähnten Thatsachen werden wahrscheinlich in den Stand setzen, einzelne feinere Fragen, an welche die Therapeuten noch nicht gedacht haben, zu entscheiden. Stellt man

sich vor, ein von dem Muskel entfernt liegendes Stück eines Bewegungsnerven gebe eine nur schwache Muskelzusammenziehung bei einem gewissen niederen Grade der Reizgrösse, während der unmittelbar angesprochene Muskel kräftig antwortet, so kann jenes Ergebniss von zweierlei Ursachen herrühren. Entweder leidet der Nerv selbst oder die Uebertragung der Nervenerregung in Muskelverkürzung erfordert krankhafter Weise eine bedeutendere Kraftgrösse. Das Letztere würde z. B. nach Curarevergiftungen nach der Ansicht einzelner Forscher vorkommen (§. 246.). Die Einschaltung des §. 363. beschriebenen Disjunctor wird hier Aufschlüsse geben.

Befindet sich der Nerv selbst in einem Zustande von Halblähmung, so erfordert er nicht bloss eine stärkere minimale Reizgrösse, um einen grossen Theil der möglichen Muskelarbeit hervorzurufen (§. 371.), sondern er wird auch durch gleichgerichtete Ströme eher erschöpft, als dieses für einen gesunden Nerven bei seinem Minimum der Erregungsgrösse der Fall ist. Leidet dagegen nicht der Nerv unmittelbar, sondern nur die Uebertragung in Muskelverkürzung, so hat der in der Wirklichkeit nöthige minimale Erregungsgrad einen höheren Werth für den an und für sich gesunden Nerven. Die Erschöpfung wird später eintreten. Das Prüfungsverfahren ergibt sich hieraus ohne weiteres.

Man entfernt die Inductionsrolle so weit von der inducirenden, dass ein einziger Oeffnungsschlag eine Verkürzung liefert, der Schliessungsschlag dagegen erfolglos bleibt. Nun lässt man die Räder des Disjunctors mittelst der Rolle so ablaufen, dass z. B. 72 oder 90 Oeffnungsschläge in $2^1/_2$ bis 3 Secunden den Nerven durchsetzen. Ist er halbgelähmt, so wird ein neuer Oeffnungsschlag keine Zusammenziehung hervorrufen, wenn der symmetrische gesunde Nerv dieselbe unter den gleichen Verhältnissen gibt. Man wird dagegen noch eine Verkürzung erhalten, wenn nicht der Nerv an und für sich erkrankt, sondern die Uebersetzung der Nervenerregung in Muskelzusammenziehung erschwert ist.

§. 392. Der gesunde Nerv bietet einzelne Knotenpunkte höherer Erregbarkeit nach den Angaben mancher Forscher dar (§. 197.). Es kommt wahrscheinlich bei Lähmungen häufig vor, dass die Kräfte der verschiedenen Stellen eines und desselben Nervenstammes wesentlich von einander abweichen. Die eben erwähnte Erschöpfungsprobe (nicht aber der blosse Gebrauch gewöhnlicher Magnetelektromotoren mit ihren Wechselströmen) kann den vollständigsten Aufschluss in dieser Beziehung liefern.

§. 393. Die ärztliche Erfahrung wird zu untersuchen haben, ob Nervenkrankheiten vorkommen, die Abweichungen von dem Zuckungsgesetze des lebenden Nerven (§. 136.) herbeiführen. Da sich dieses bis zu den letzten Stufen der Wirksamkeit nach der Nervendurchschneidung und nach dem Tode, so wie während des Winterschlafes erhält, so folgt jedenfalls, dass dasselbe trotz wesentlicher Veränderungen des Markes zähe ausharrt. Bedenkt man aber anderseits, dass die kräftige Elektrolyse starker Batterieen das Nervenmark so zersetzen kann, dass der absteigende Strom nur eine Schliessungs- und der aufsteigende bloss eine Oeffnungszuckung herbeiführt, so lässt sich erwarten, dass einzelne krankhafte Veränderungen des Nerven eine ähnliche Stimmung herbeiführen. Weder das Mikroskop, noch die gewöhnliche gröbere Untersuchungsweise können in dieser Hinsicht Aufschluss geben.

§. 394. Die Inductionsströme verdanken ihre verhältnissmässig kräftigere Wirkung der schnellen Abgleichung ihrer Stärkecurve. Der Oeffnungsschlag ist in dieser Hinsicht dem Schliessungsschlage gegenüber bevorzugt. Er führt daher im Allgemeinen zu grösseren Zusammenziehungen als der Kettenstrom (§. 113.). SCHULZ[1]) hat eine von BAIERLACHER gemachte Erfahrung bestätigt, die mit der Geschwindigkeit der Abgleichung zusammenhängt. Untersucht man Fälle von Antlitzlähmung, die eine Abnahme oder den Verlust des Verkürzungsvermögens unter dem Einflusse der Inductionsströme zeigen, so ergibt sich jedes Mal eine sehr deutliche Schliessungs- und Oeffnungszuckung, wenn man den Kettenstrom von 8 Daniell'schen Elementen (also einen keineswegs starken Strom) anwendet. Die gesunde Gesichtshälfte liefert das Umgekehrte. Der Kettenstrom bleibt hier wirkungslos, während der Inductionsstrom thätig eingreift. Jener führt erst zu Schliessungs- und zu Oeffnungszuckungen, wenn man eine Batterie von 20 Daniell'schen Elementen gebraucht. Tritt Besserung der Faciallähmung ein, so gewinnen wiederum die Inductionsströme das Uebergewicht über die Kettenströme. Es ist auch zweckmässiger, das Leiden mit diesen, als mit jenen zu behandeln.

So wünschenswerth es wäre, dass diese merkwürdige Thatsache durch genauere Messungen der Stromstärken und der Abgleichungszeiten vervollständigt würde, so werden wir doch bei der Schilderung

---

[1]) SCHULZ in Schmidt's Jahrbüchern. Bd. CXIV. 1862. S. 248. Vgl. auch MEYER, Deutsche Klinik. 1864. Nr. 2. S. 20 und E. NEUMANN, Ebendaselbst S. 65—69.

der elektrischen Misshandlungen sehen, dass eine ähnliche Erscheinung schon in dem gesunden Körper vorkommen kann.

§. 395. Die stürmischen Zusammenziehungen (§. 336.), die wir nach manchen Verletzungen des Nervensystemes, nach örtlichen chemischen Eingriffen und nach einzelnen Vergiftungen am häufigsten antreffen, bilden oft charakteristische Merkmale von allzugrosser Empfänglichkeit der Nerven oder des centralen Nervensystemes. Ihre Einzelverhältnisse lassen sich nur dann genügend verfolgen, wenn man die Muskelcurven mit einer Zeitabscisse aufschreibt (§. 320.). Der Gebrauch eines Uhrwerkes ist daher für solche Fälle unerlässlich.

§. 396. Wir haben §. 373 fgg. die Verhältnisse kennen gelernt, die sich für den Fall ergeben, dass mehrere Nervenstämme einen Muskel versorgen. Sie werden auch für die Beurtheilung der Lähmungserscheinungen maassgebend sein und neue diagnostische Hilfsmittel an die Hand geben.

§. 397. Manche Muskelthätigkeiten des Menschen gestatten noch eigenthümliche Maassbestimmungen. Die passend angewendete Faradaysation des Zwerchfelles führt zu einer Ein- und die der Bauchmuskeln zu einer Ausathmungsbewegung. Ein Pneumatometer kann dabei die Druckschwankungen anzeigen und ein Spirometer oder eine mit Schwefelsäure versehene Athmungsröhre über die Mengen der Athemluft Aufschluss geben. Die Intensität des Sphincterenschlusses des Afters liesse sich dadurch messen, dass man die Oeffnung mit Hilfe eines Cylinders vornähme, der durch ein Gewicht vorgeschoben wurde. Der Widerstand, den eine krankhafte Muskelzusammenziehung dem Eindringen von Flüssigkeiten entgegensetzt, würde in Zahlen bestimmt, wenn man jene mittelst einer Spritze einführte, deren Canüle mit einem Manometer seitlich verbunden wäre.

§. 398. Die Stärke einer durch Krampf oder durch organische Ursachen bedingten anhaltenden Muskelverkürzung eines Theiles einer Extremität liesse sich durch den Winkel messen, den dieser unter dem Einflusse einer gewissen Belastungsgrösse beschreibt. Man brauchte daher nur die §. 386. erwähnte Handhabe an das zu drehende Gliedstück zu befestigen und den Winkelwerth an einem Gradbogen abzulesen oder den Bogen selbst aufschreiben zu lassen. Eine solche Vorrichtung könnte auch über die ungewöhnliche Dehnbarkeit der Gelenkbänder, den Steifigkeitsgrad bei unvollkommenen Anchylosen und die Bewegungsgrösse künstlicher Gelenke Aufschluss geben.

§. 399. Man bestimmt häufig die Muskelkraft der Arme, so weit sie sich durch Druck- oder Zugwirkungen verräth, durch das Regnier'sche Dynamometer [1]) oder eine andere passende Federwage. Da die Stahlfedern, wie sie in solchen Vorrichtungen gebraucht werden, erst bei einer nicht unbedeutenden Druck- oder Zuggrösse merkliche Wirkungen gestatten, dann aber oft unregelmässig spielen, so leisten sie weniger als die §. 386. vorgeschlagene Einrichtung, durch die sich die Nutzwirkung mittelst der Hubhöhe des Gewichtes unmittelbar bestimmen lässt. Passende Handhaben können überdiess für jedes beliebige Stück der oberen oder der unteren Gliedmaassen gebraucht werden.

Die Geschwindigkeit des Ganges auf ebenem Boden gibt das einfachste Maass für die Kraftgrösse der hierbei thätigen Muskeln. Definirt man aber mit THURY [2]) als innere Muskelarbeit diejenige auf die Einheit der Zeit und des Weges bezogene Leistung, die bei jeder Bewegung, abgesehen von der Verschiedenheit der thätigen Muskeln, auftritt und denkt sich die Geschwindigkeit der Ermüdung proportional, so lässt sich der Werth jener inneren Muskelarbeit durch den Vergleich des Ganges auf einer wagerechten mit dem auf einer schiefen Ebene finden. Legt der Mensch in der Zeiteinheit m Wegeinheiten zurück, während sein Körper k Gewichtseinheiten wiegt, so hat man für die Leistung kmp, wenn p die oben erklärte Muskelarbeit bezeichnet. Geht er aber in der Zeiteinheit auf einer schief emporsteigenden Bahn von der Länge m' und dem Erhebungswinkel α, so erzeugt er zunächst eine Leistung von $km'p$, ausserdem aber noch die Nutzwirkung km' sin. α, indem er sein Körpergewicht k um die senkrechte Höhe m' sin. α emporhebt. Sind die Verhältnisse so, dass der gleiche Grad von Anstrengung und Ermüdung in beiden Fällen auftritt, so kann man unter der obigen Einschränkung $kmp = km'p + km \text{ sin. } \alpha$ setzen und hieraus ergibt sich der Werth $p = \dfrac{\text{sin. } \alpha}{\frac{m}{m'} - 1}$ wobei $\frac{m}{m'}$ immer ein unächter Bruch, also p positiv ist, weil der Mensch auf wagerechter Bahn rascher, als auf schief ansteigender geht. Diese Grösse p wird fortwährend wachsen, wenn z. B. ein Reconvalescent so an Kräften allmählig gewinnt, dass er immer besser zu steigen vermag.

[1]) Siehe z. B. m. Grundriss der Physiologie. Vierte Auflage. S. 571. 572. Fig. 409 und 410.

[2]) THURY, Bibliothèque universelle de Genève. Archives. 1858. Tome III. p. 352—361.

Es kommt häufig vor, dass nur die von den Lendennerven versorgten Beuger des Hüftgelenkes (Psoas major und Iliacus internus), nicht aber die von dem Hüftnerven abhängigen Strecker (Glutaei) oder die von dem Schenkelnerven versehenen Strecker des Kniegelenkes (Quadriceps femoris) und nicht die von dem Hüftnerven beherrschten Beuger (Semitendinosus, Semimembranosus und Biceps) gelähmt sind oder dass diese verschiedenen Gruppen in ungleichem Maasse leiden. Die Geschwindigkeit des Auf- und des Absteigens auf einer schiefen Ebene von beständiger Länge und unverändertem Erhebungswinkel, wie man sie durch ein an einem Charnière drehbares Brett herstellen kann, ist in solchen Fällen im Stande, die Besserung oder Verschlimmerung in Zahlenwerthen auszudrücken. Sie wird z. B. bei dem Aufsteigen mehr zunehmen, wenn sich die Halblähmung der Beuger des Hüftgelenkes verliert, und mehr bei dem Herabsteigen wachsen, wenn sich die Kräfte des Hüftnerven vergrössern.

Hat ein gelähmter Theil offene Wunden, welche die Entfernung einer Nerven- oder einer Muskelprobe gestatten, so vermag die Bestimmung des Durchsichtigkeitsgrades (§. 297.), der Elasticitätsgrösse (§. 309.), der Doppelbrechung (§. 45.) und der elektromotorischen Eigenschaften (§. 153.) weitere Aufschlüsse darzubieten.

2. Gesunde und kranke Empfindungsnerven.

§. 400. Zwei Prüfungsarten, eine mittelbare oder eine unmittelbare können für die Untersuchung der Wirkungsgrösse eines Empfindungsnerven benutzt werden. Man lässt die Muskelcurven aufschreiben, welche die durch ihn bedingten Reflexbewegungen erzeugen oder man untersucht unmittelbar die Empfindungseindrücke, bemüht sich die Grösse der Erregung und die des Erfolges, so weit es angeht, in Zahlen zu bestimmen und berücksichtigt zugleich die Art der Empfindung, die unter den gegebenen Verhältnissen auftritt.

§. 401. Beide Verfahrungsweisen sind so grossen Täuschungsklippen ausgesetzt, dass man oft genug auf die Erreichung sicherer Ergebnisse verzichten muss. Die Reflexbewegung hängt nicht bloss von dem Reize, der den Empfindungsnerven trifft und dem Zustande desselben ab, sondern auch von den Wirkungen der centralen Primitivfasern, der die Uebertragung vermittelnden centralen Ganglienkugeln, der in Thätigkeit versetzten Bewegungsnerven und der sich verkürzenden Muskelmasse. Man kann natürlich nur eines dieser Bedingungsglieder in Vergleichsversuchen mit Sicherheit aus-

messen, wenn die übrigen beständig bleiben. Dieses ist aber fast nie in frisch getödteten, bisweilen dagegen in operirten oder erkrankten Thieren der Fall.

§. 402. Die Entfernung, die Zerstörung oder die sonstige Abtödtung des Gehirns begünstigt im Allgemeinen das Auftreten der Reflexbewegungen (§. 295.). TÜRK und SETSCHENOW bedienten sich zur Erregung derselben einer Mischung von 16 bis 64 Gran concentrirter Schwefelsäure und eines Pfundes Wassers. Der Fuss von Säugethieren oder von Fröschen wurde in sie bei Vergleichsversuchen bis zu derselben Tiefe eingetaucht. SETSCHENOW fand dabei, dass die Verletzung der Grosshirnhemisphären des Frosches keinen Einfluss auf die Reflexbewegungen ausübt. Ein zwischen ihnen und den Vierhügeln durch die Sehhügel geführter Schnitt erniedrigt sie, ein solcher zwischen den Vierhügeln und dem verlängertem Marke dagegen erhöht dieselben. Die Zunahme fällt noch bedeutender aus, wenn der Schnitt das hintere Ende der Rautengrube quer durchsetzt.

§. 403. Ist das verlängerte Mark des Frosches der Quere nach getrennt worden, so bemerkt man zuerst einen Zeitraum der Betäubung, der noch keine Reflexbewegungen in Folge von Hautreizen auftreten lässt. Bleibt indessen das Thier längere Zeit in Ruhe, so erscheint zuerst eine Stufe erhöhter Empfänglichkeit, in Folge deren es die Hinterfüsse von selbst beugt und an den Rumpf zieht. Hautreize liefern zu dieser Zeit lebhafte Reflexbewegungen. Diese können aber noch kraftvoller nach weiterer Ruhe ausfallen. Man erhält daher oft erst das Maximum der Leistungsfähigkeit, nachdem man den Frosch eine Reihe von Stunden sich selbst überlassen hat. Die Wirkung nimmt später wiederum ab, bis sie zuletzt gänzlich schwindet. Der Ausdehnungsbezirk der durch einen örtlichen Hautreiz erzeugten Reflexbewegungen wächst im Allgemeinen mit der Empfänglichkeitsgrösse des Rückenmarkes.

§. 404. Will man die auf dem Wege des Reflexes erhaltenen Zusammenziehungen durch den Wadenmuskel des Frosches aufzeichnen lassen, so wählt man am besten diejenige Empfänglichkeitsstufe, auf welcher die Erregung einer Stelle des einen Hinterfusses auch Zusammenziehungen in dem anderen mit dem Schreibhebel verbundenen erzeugt. Brauchbare Vergleichsversuche können aber nur innerhalb der kurzen Zeit, während welcher der Zustand des Rückenmarkes nahezu unverändert bleibt, gewonnen werden. Ist dieses schon schwer genug zu erreichen, so lehren die Muskelcurven, dass hier noch andere Verhältnisse, als der blosse Anblick verräth,

in Betracht kommen. Regt man die Reflexbewegung durch Druck, durch Brennen oder durch einen elektrischen Strom an, so stösst man schon auf Fälle, in denen das Maximum der Hubhöhe eine merkliche Zeit unverändert bleibt. Hat man die Schwimmhaut mit einem Tropfen Essigsäure befeuchtet, so kann es sich ereignen, dass der Muskel eine vollkommene tetanische Verkürzungscurve, ähnlich wie nach der Behandlung mit dem Magnetelektromotor aufzeichnet. Das Eindringen der Essigsäure erzeugt eine Reihe auf einander folgender Erregungen. Eine erhöhte Reizbarkeit des Rückenmarkes ruft ebenfalls anhaltende Zusammenziehungen des Wadenmuskels oft hervor.

§. 405. Die Schwierigkeiten, welche sich in den Säugethieren entgegenstellen, sind im Ganzen nicht geringer, als die in Fröschen. Man kann die Dauer der Reflexempfänglichkeit nach dem Tode beträchtlich verlängern, wenn man das Kaninchen in einem bis 35° oder 40° C. erwärmten Raum bringt. Es lässt sich erwarten, dass man auch etwas Aehnliches durch die Abkühlung auf eine sehr niedere Wärme zu erreichen vermag. Die Hautreize geben die Reflexbewegungen am leichtesten. Dann folgen die hinteren Nervenwurzeln, hierauf die Nervenstämme und zuletzt nach Brown-Séquard die weisse Masse des Rückenmarkes. Die Murmelthiere liefern die verhältnissmässig beständigsten Reflexwirkungen während des Winterschlafes. Man findet dagegen einzelne Exemplare, die sie nach dem Tode rasch verlieren, und andere, die sie länger bewahren. Dem sei aber wie ihm wolle, so häufen sich die Täuschungsquellen auch in den Säugethieren in dem Grade, dass eine fruchtbringende Untersuchung kaum je möglich sein dürfte.

§. 406. Manche Krankheitszustände des Menschen bieten ein günstigeres Beobachtungsfeld dar. Die oft vorkommende Zerreissung des Brustmarkes durch Unglücksfälle oder Blutergüsse in dieser Gegend liefern nicht selten Beispiele einer auffallend erhöhten Reflexthätigkeit der für die Willenseinflüsse gelähmten unteren Gliedmaassen. Sie schwindet wiederum nach der Aufsaugung des Extravasates. Die Grösse derselben kann daher als Wahrzeichen benutzt werden, wie sich die Beziehungen des unteren Abschnittes des Rückenmarkes zu dem oberen und dem Gehirn verhalten. Es gibt Lähmungsformen, deren Ursache im Rückenmarke liegt, in denen die Beine weder bewusste Empfindungen erzeugen, noch willkürlicher Bewegungen fähig sind, das Kitzeln der Fusssohle dagegen ein gewaltsames Emporschnellen der Extremität auf der Stelle nach

sich zieht. Ein oberer Abschnitt des Rückenmarkes hat hier sein Leitungsvermögen eingebüsst, während die Ganglienkugeln des unteren Theiles die oft der Lähmung vorangehende höhere Empfänglichkeitsstufe darbieten. Diese und ähnliche am Menschen vorkommende Krankheitsfälle eignen sich zu Messungen der Reflexbewegungen mittelst der §. 386. erwähnten Vorrichtung. Da sich hier die Empfänglichkeitsgrade des Rückenmarkes erst nach längern Zeiten ändern, so liefert der Mensch ein passenderes Prüfungsobject, als die frisch getödteten und rasch absterbenden Thiere.

§. 407. Es wäre möglich, auch die Zeitverhältnisse zu verfolgen. Man denke sich einen rasch rotirenden Cylinder, wie er zur Ermittelung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Nervenerregung gebraucht wird (§. 175.). Ein augenblicklicher elektrischer Strom, dessen Anfang einer bestimmten Stelle des Cylinders entspricht, wirkt als Empfindungsreiz, während die durch die Reflexbewegung zu hebende Handhabe eine kreisförmige Abscisse im Ruhezustande beschreibt. Die Länge der Letzteren, welche zwischen dem Orte des Einbruches des Stromes und dem Anfange der Muskelcurve liegt, gibt die Zeit an, die für die Fortpflanzung der Empfindungserregung zum Rückenmarke, das Durchschlagen innerhalb desselben auf die Bewegungsnerven, die Leitung durch diese und den Umsatz in Verkürzung nöthig ist. Da besonders die Uebertragung im Rückenmarke verhältnissmässig lange dauert, wenn selbst die Empfänglichkeit desselben durch Strychnin krankhaft erhöht worden (§. 173.) so liegt die Vermuthung nahe, dass solche Zeitmessungen brauchbare Aufschlüsse bei manchen Rückenmarksleiden geben werden.

§. 408. Die Bewegungen der Regenbogenhaut in Folge des Lichtreizes, der die Netzhaut trifft, eignen sich zu belehrenden Maassbestimmungen in Menschen und in Thieren. Sie werden auch täglich von den Aerzten, jedoch fast nie in genügend scharfer Weise vorgenommen. Es handelt sich hier zunächst, die relative, wenn auch nicht die absolute, einwirkende Lichtstärke in verschiedenen Vergleichsversuchen zu kennen. Das photometrische Gesetz, dass die Lichtmenge, welche von einem leuchtenden Flächenelemente auf ein beleuchtetes übergeht, dem Producte der Leuchtkraft des leuchtenden Elementes, der Fläche desselben, der des beleuchteten, des Cosinus des Ausflusswinkels der Strahlen und des Cosinus des Einfallswinkels derselben getheilt durch das Quadrat der Entfernung gleicht, kann die nöthige Grundlage der Berechnung liefern. Man

muss dabei voraussetzen, dass der leuchtende Theil sehr klein im Verhältniss zu seiner Entfernung von dem beleuchteten ist. Der einfache Satz, dass sich die Stärke der Beleuchtung in umgekehrtem Verhältnisse des Quadrates des Abstandes der Leuchtquelle vermindert, wird für die gewöhnlichen Fälle hinreichen.

Da sich oft die Pupillengrösse ändert, wenn das Licht die Regenbogenhaut unmittelbar trifft, so kann erst ein Doppelversuch ein sicheres Urtheil in zweifelhaften Fällen möglich machen. Man leitet ein dünnes und helles Lichtbündel zuerst durch die Pupille allein auf die Netzhaut und lässt es dann nur auf die Iris fallen. Man darf erwarten, dass manche feinere diagnostischen Merkmale auf diesem Wege zum Vorschein kommen werden.

§. 409. Genügt ein gewöhnlicher Tastzirkel für die annähernde Bestimmung der Durchmesser des Sehloches, so wird man genauere Maassbestimmungen am besten vollführen, wenn man das Bild desselben und das eines Maass-Fadennetzes durch eine passende katoptrische oder dioptrische Vorrichtung zusammenfallen lässt oder ophthalmometrische Messungen, wie wir sie bei der Darstellung der Gesichtserscheinungen kennen lernen werden (§. 487.), anstellt. Man darf übrigens bei der Beurtheilung aller erhaltenen Werthe nicht vergessen, dass wir die wahre Form und Grösse der Pupille nie sehen, weil wir sie durch das convex-concave (nicht convex-plane) Linsensystem der Hornhaut und der wässrigen Feuchtigkeit erblicken. Die genauesten Messungen können daher immer nur Annäherungswerthe liefern.

§. 410. Das Verfahren von HELMHOLTZ [1]), den Abstand der Pupillarebene von dem Scheitel der Hornhaut und den des Mittelpunktes der Pupille von der Hornhautachse im Auge des lebenden Menschen mittelst des Ophthalmometers zu bestimmen, dürfte für die Erkenntniss einzelner Krankheitsfälle ebenfalls von Nutzen sein. Es versteht sich übrigens von selbst, dass alle erwähnten Maassmethoden auch über die Wirkungen von Belladonna, Atropin und ähnlich eingreifenden Giften belehren könnten.

§. 411. Eine Reihe anderer Reflexbewegungen, wie der Schluss des Augenlides noch Berührungen der Bindehaut, das Niesen nach Reizungen der Nasenschleimhaut, das Schlucken, das Würgen oder die Brechbewegungen nach solchen der Schleimhaut des weichen Gaumens oder des Schlundes, das Husten nach denen das Kehl-

[1]) HELMHOLTZ, Physiologische Optik S. 16—18.

ɔfes oder der Luftröhre, die Steifung des Gliedes und die Samenleerung nach Reibungen der Eichelhaut werden oft Messungen · Grösse und der nöthigen Dauer des anregenden Empfindungszes zulassen. Wir haben schon §. 397. gesehen, wie die Stärke zelner der hier auftretenden Muskelzusammenziehungen bestimmt rden könnte.

§. 412. Die Betrachtung der verschiedenen Empfindungsnerven rd uns Fälle kennen lehren, in denen die Aenderung der Emndung durch die Erhöhung der kleinsten oder einer sie überffenden Reizungsgrösse mehr oder minder genau gemessen werden nn. Das Gebiet dieser Art von Untersuchungen ist aber beschränkt d bezieht sich nur auf einzelne günstige Angriffspunkte. Die mittelung, welches Erregungsminimum die erste Empfindung einer stimmten Art zur Folge hat, lässt sich überall durchführen. Ihre ısmessung stösst jedoch auf eine auch bei den anderen Bestimıngen auftretende psychologische Schwierigkeit. Die Wiederholung r Wirkung, die Aufmerksamkeit, der Wille zu empfinden oder cht, phantastische Eindrücke können schon die gröbsten bewussten er unbewussten Täuschungen in vorurtheilsfreien Gesunden, gehweige denn in Hypochondrischen und Hysterischen herbeiführen. ıs Minimum von Empfindungserregung, das eine Reflexbewegung des hlafenden erzeugt oder denselben aufweckt, liefert daher sicherere rgebnisse, wenn es sich z. B. um die Erkenntniss der Empfindungsösse einzelner Hauttheile handelt.

§. 413. Das Verfahren, dessen sich KOHLSCHÜTTER bediente, e Festigkeit des Schlafes zu messen, kann noch dienen, die 'irkung der Stärke des Geräusches auf ein krankhaftes Gehörerkzeug unabhängig von der Phantasie des Hörenden auszumessen. lan braucht hierzu das FECHNER'sche Schallpendel. Es besteht s einer starken Schieferplatte, das ein anschlagendes Pendel an der Seite besitzt. Man kann die Höhe von der man das Pendel erabfallen lässt, an einem Gradbogen ablesen. Die Schallstärken erhalten sich dann unter sonst gleichen Verhältnissen wie die oppelten Sinusquadrate der halben Elevationswinkel. KOHLSCHÜTTER[1]) fand auf diese Weise am Gesunden, dass sich der chlaf im Anfange rasch und später langsamer vertieft. Er erreicht eine grösste Intensität in der ersten Stunde nach den Einschlafen,

[1]) E. KOHLSCHÜTTER, Messungen der Festigkeit des Schlafes. Leipzig. 1862. 8. S. 42.

verflacht sich in der nächsten Zeit schnell und in der Folge immer langsamer und behält endlich seine geringe Festigkeit mehrere Stunden vor dem Erwachen unverändert bei. Eine plötzliche Verflachung des Schlafes durch äussere oder innere Reize hat eine spätere grössere Vertiefung zur Folge, als zu derselben Zeit ohne jene Störung eingetreten wäre. Sie klingt in ähnlicher Weise, als der regelrechte Schlaf ab. Dieser dauert aber um so länger, je tiefer er geworden. Der Wille kann endlich noch einen Einfluss auf das Maximum der Stärke desselben ausüben.

§. 414. Die Betrachtung der Bewegungsnerven führte uns schon zu zwei Hauptnormen. Die Erhöhung der Nervenerregung erzeugt kein ihrem Wachsthume proportionales Steigen der Muskelverkürzung. Diese nimmt vielmehr weniger als jene zu und convergirt zuletzt gegen ein Maximum, das mit der gegebenen Beschaffenheit der Nerven und des Muskels, der Dauer und der Zeitfolge der Erregung wechselt. Die Zusammenziehung klingt oft asymptotisch ab. Die Wirkung der Sinneswerkzeuge lehrt, dass diese beiden Normen für die Empfindungsnerven wiederkehren. Die ähnlichen Beziehungen des Schlafes wurden §. 413. erwähnt. Man hat mit einem Worte hier Wirkungstypen, die in das Nervenleben nachdrücklich eingreifen.

Die Convergenz gegen ein Maximum oder ein Minimum und das asymptotische Abklingen lassen sich durch Formeln, die Exponentialfunctionen enthalten, ausdrücken. Die Gleichung $y = ce^{\pm ax}$, die bei der Integration von Differentialgleichungen häufig vorkommt, gibt jene Beziehungen auf kürzestem Wege, wenn x die Urvariable, y die abhängige Veränderliche, C und a beständige Grössen und e die Basis des natürlichen Logarithmensystemes (§. 6) bezeichnen. Es wurde schon früher (§. 322 fgg.) bemerkt, dass die Muskelcurven einer so einfachen Formel nicht gehorchen. Dieses kann davon herrühren, dass hier der Zustand des Muskels ausser dem des Nerven in Betracht kommt. Die Zukunft wird lehren, ob jener Ausdruck für die Wirkungen der Empfindungsnerven vollkommen genügt oder nicht.

Dem sei, wie ihm wolle, so können wir einen Weg einschlagen, für den die Mathematik ein Beispiel gibt. Man bezieht Vieles auf die Hyperbel, weil sie dasselbe verhältnissmässig am einfachsten erläutert. Man erklärt z. B. an ihr vorzugsweise die Eigenthümlichkeiten der Asymptoten, geht von ihrer Gleichung bei der allgemeineren

Theorie der Asymptoten aus[1]) und nennt die natürlichen Logarithmen hyperbolische, weil der Flächeninhalt eines Hyperbelstückes dem Logarithmus der Abscisse gleichen kann, wenn die rechtwinkeligen Asymptoten die Coordinaten einer gleichseitigen Hyperbel bilden[2]). Die Beziehung $y = Ce^{\pm ax}$ oder log. $\frac{y}{C} = \pm\, ax$ kann eben so nur die einfachste Form eines allgemeineren und verwickelteren Gesetzes der Nerventhätigkeiten bilden. Sie gewährt aber den Vortheil, dass sie die zwei hier in Betracht kommenden Haupteigenschaften sogleich versinnlicht. Die Logarithmen zweier Zahlen weichen um so weniger von einander ab, je grösser die Zahlen selbst sind und je näher sie einander stehen[3]). Eben so pflegen sich die wachsenden Hubhöhen der Muskelcurven und die Stärke der Empfindungen um so weniger von einander zu unterscheiden, je länger die Thätigkeit angehalten hat. Da aber C und a in der Gleichung $y = Ce^{\pm ax}$ endliche Werthe haben, so kann y nur constant für $x = o$ und Null für die Form $-x$ und $= \infty$ werden. Jenes drückt die Convergenz gegen ein Maximum oder ein Minimum und dieses das asymptotische Abklingen aus. $y = Ce^{-ax}$ lässt sich als die einfachste mathematische Bezeichnung des Ausschwingens einer Wirksamkeit in Folge von Widerständen ansehen. Man findet daher auch Gleichungen, die sich auf diese Form zurückführen lassen, in der Theorie der Bewegung der Körper in widerstehenden Mitteln[4]) oder in der der Abhängigkeit des inducirten Magnetismus von der inducirenden Kraft[5]). Ein ähnlicher Gedankengang, als

---

[1]) Siehe z. B. H. W. Brandes, Lehrbuch der höheren Geometrie in analytischer Darstellung. Bd. I. Leipzig. 1822. 4. S. 126. 127.

[2]) O. Schlömilch, Compendium der höhern Analysis. Zweite Auflage. Bd. I. 1861. S. 370.

[3]) Francoeur Cours complet des mathématiques pures. Tom. I. Paris. 1837. 8. p. 214.

[4]) Siehe z. B. J. J. Littrow, Elemente der physischen Astronomie. Wien 1827. 8. S. 117—123. Duhamel, Lehrbuch der reinen Mechanik. Uebersetzt von Wagner. Bd. I. Braunschweig 1853. 8. S. 231. Die Form, welche die S. 236 und 237 unter (2) und (3) dargestellten endlichen Gleichungen darbieten, kehrt auch für die Differentialgleichung der Tautochrone in einem widerstehenden Mittel für den Fall wieder, dass der Widerstand theils mit der einfachen Geschwindigkeit und theils mit dem Quadrate derselben wächst. Siehe in dieser Hinsicht: Laplace, Mécanique celeste. Oeuvres. Tome I. Paris 1843. 4. p. 35—38 oder mit der Darstellung der Herleitung der Formeln die englische Uebersetzung von N. Bowditch. Tome I. Boston 1829. 4. p. 59—66.

[5]) Vgl. Lamont, Magnetismus in Karsten's Encyklopädie der Physik. S. 40. 41.

man in diesen Fällen verfolgt, wird uns auch hier mit den nöthigen Aenderungen zum Ziele führen.

Es sei P das Maximum der überhaupt möglichen Wirkung, p eine kleinere der Erregungsgrösse q entsprechende Thätigkeit, k eine Constante, die von der Beschaffenheit des Nerven (und des Muskels) und der Beantwortungsweise der Erregung abhängt, die man sich für die ganze Versuchsreihe beständig denkt und die man daher die Nervenconstante nennen kann, so ist zunächst p eine solche Function von q, dass sie weniger als q wächst und gegen P convergirt. Steigt die Erregungsgrösse q von den Werth dq, so vergrössert sich p um dp, das eine Function von $P-p$ und von k bildet, also $\frac{dp}{dq}=k\varphi(P-p)$, wo φ das Functionszeichen bedeutet. Es ist das Einfachste das unendlich kleine Wachsthum der Wirkung dem Unterschiede $P-p$ proportional zu setzen. Man hat dann:

$$\frac{dp}{dq} = k\,(P-p) \text{ oder } \frac{dp}{P-p} = k\,dq.$$

Ist C die Integrationsconstante, so ergibt sich daher:

$$\text{log. nat.}\left(\frac{C}{P-p}\right) = kq \text{ oder } P-p = Ce^{-kq} \quad \ldots\ldots \quad (1)$$

Man muss sich, um die Constante C zu bestimmen, erinnern, dass die merkliche Wirkung der Bewegungs-, wie der Empfindungsnerven erst über einer gewissen Erregungsgrösse q' beginnt, also von $q=o$ bis $q=q'$ Null ist. Setzt man daher in der Gleichung (1) $q=q'$, so ist q' der höchste Werth, der $p=o$ macht. Folglich $P=Ce^{-kq'}$ und $C=Pe^{kq'}$. Also verwandelt sich (1) in $P-p = Pe^{k(q'-q)}$. Mithin:

$$p=P\left[1-e^{k(q'-q)}\right] \quad \ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

Der Werth $q'-q$ ist immer negativ, wenn p einen positiven Werth hat. Ist $q=q'$, so wird $p=o$. Die unmerkliche Wirkung wird durch ein negatives p angezeigt, sowie $e^{k(q'-q)} > 1$ oder, wenn man die natürlichen Logarithmen nimmt, $k\,(q'-q) > o$ oder $q' > q$ ist. Der positive Werth des merklichen und der negative des unmerklichen Erfolges ist aber nur möglich, wenn k immer positiv bleibt. Man wird daher immer nur einen positiven Werth der Nervenconstante k beilegen.

Wächst die Erregungsgrösse von $q=q'$ bis $q=\infty$, so ergibt sich aus (2) dass $p=P$ erst dann würde, wenn q unendlich wäre. Das S. 235 erwähnte Theorem über die Logarithmen lässt auf eine allmählige Convergenz gegen dieses Maximum schliessen.

Das asymptotische Abklingen wird auf die gleiche Art hergeleitet. Man muss nur die Bedeutung der Buchstaben ändern. Nennt man n die Wirkungsgrösse, die an dem Anfange der Zeit des Abklingens vorhanden war und n' die, welche bis zur Zeit t verloren ging, so bleibt $n-n'$ zum Abklingen für die Folgezeit übrig. Hat man daher wiederum

$$\frac{dn'}{dt} = k\,(n-n') \text{ und daher } n' = n - Ce^{-kt}$$

so ergibt sich: $C = n$ und folglich

$$n' = n\left(1 - e^{-kt}\right) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

weil $n' = o$ für $t = o$ ist. Man findet aber $n' = n$ erst für $t = \infty$. Die ganze Wirkung klingt hiernach nur nach einer unendlichen Zeit ab. Dieses steht in keinem nothwendigen Widerspruch mit der Erfahrung, weil der merkliche Erfolg erst bei einer gewissen endlichen Erregungsgrösse zu Stande kommt.

Die Maassformel der Empfindungen, die FECHNER[1]) aufstellte, führt ebenfalls auf eine logarithmische Function. FECHNER geht von einem von E. H. WEBER ausgesprochenen Satz aus, dass z. B. zwei Unterschiede von Gewichten durch die Haut oder der Lichtstärken durch das Auge als gleich empfunden werden, wenn jeder von ihnen denselben Bruchtheil des ihm entsprechenden grösseren Gewichtes oder der grösseren Lichtstärke ausmacht. Nennt man daher die Einwirkung β und den Unterschied $d\beta$, die entsprechende Empfindung dagegen $d\gamma$, so ist immer $d\gamma = k\,\frac{d\beta}{\beta}$, so lange das Gesetz überhaupt gilt. FECHNER selbst schränkte es auf gewisse mittlere Grössen der Wirkung ein. HELMHOLTZ[2]) fügte später hinzu, dass es auch dann nur eine annähernde Gültigkeit besitze und AUBERT[3]) stellt es für alle Gesichtserscheinungen in Abrede.

Die Gleichung $d\gamma = k\,\frac{d\beta}{\beta}$, wobei k einen constanten Coefficienten bezeichnet, gibt $\gamma + C = k \log. \beta$, wo C die Integrationsconstante

[1]) G. Th. FECHNER, Elemente der Psychophysik. Theil I. Leipzig 1860. 8. S. 263.
[2]) HELMHOLTZ, Physiologische Optik. S. 312. 313.
[3]) H. AUBERT, Physiologie der Netzhaut. Breslau 1864. 8. S. 63.

ist. Nennt man aber b das Maximum der Einwirkung, das noch keinen merklichen Erfolg hat oder den **Schwellenwerth**, für die also $\gamma = o$ ist, so hat man $C = k$ log. β; folglich $\gamma = k$ log. $\frac{\beta}{b}$. Dieses ist die FECHNER'sche Maassformel.

Es scheint wenig bekannt zu sein, dass solche Gleichungen mit Exponentialwerthen schon zu einer Zeit aufgestellt wurden, in welcher die Physiologie noch keine Ahnung von der Convergenz gegen ein Thätigkeitsmaximum oder dem asymptotischen Abklingen der Nervenleistungen hatte. Als HERBART seine Untersuchungen über die Stärke einer gegebenen Vorstellung als Function ihrer Dauer im Jahre 1812 veröffentlichte, entwarf er für die Aenderung der Empfindlichkeit der Wahrnehmung[1]) und für seine sogenannte Hemmungssumme der Vorstellungen[2]) Differentialgleichungen, deren Integration Exponentialfunctionen der obenerwähnten Form liefert. Man sieht es bisweilen der Begründung derselben an, dass sie in der Absicht, ein solches Ergebniss herbeizuführen entworfen worden. Aehnliche Ausdrücke kehren in seinen spätern Arbeiten über die Aufmerksamkeit[3]), über die Auffassung der Töne[4]) und in seiner Psychologie wieder.

§. 415. Wir haben §. 414 gesehen, dass die Nervenconstante k den Ausdruck einer Zahl von Bedingungsgliedern bildet. Sie stellt daher eine nur unter gewissen Umständen beständige Grösse (§. 7.) dar. Aendert sich z. B. die Beweglichkeit der Nervenmolecüle und hierdurch der Empfänglichkeitsgrad, so wird k in k' übergehen. Man kann sich vorstellen, dass diese Aenderung stetig bleibt. Ist aber der Fall so beschaffen, dass die Zunahme der Aenderung eine gegen ein Maximum convergirende Wirkung zeigt, so kann man sich die Grenzen der Aenderung ohne Nachtheil als unendlich gross denken, ungefähr wie DIRICHLET mit so vielem Erfolge ein zwischen den Grenzen b und a gegebenes Integral durch ein solches zwischen positiv und negativ Unendlich ohne weiteres ersetzte, wenn der Werth desselben zwischen b und Unendlich und a und Unendlich Null war.

---

1) J. F. HERBART sämmtliche Werke. Herausgeg. von G. HARTENSTEIN. Leipzig 1851. 8. S. 37. 38.

2) Ebendaselbst. S. 43. 44.

3) Ebendas. S. 87. 91. 93. 94. 100. 101. 102. 116. 120.

4) Ebendas. S. 159 fgg.

Der von LEIBNITZ zuerst entwickelte Gedanke der Variation der Constanten würde unter diesen Voraussetzungen ein erspriessliches Verfahren in passenden Fällen gestatten. Hat man die Curvengleichung $f(x, y, c) = o$, wo x und y die laufenden Coordinaten und c eine Constante bezeichnen, so liefert eine andere Constante c' eine zweite Curve, welche die erste an einem oder mehreren Punkten möglicher Weise durchschneidet. x und y werden den Durchschnittspunkten gemeinschaftlich sein. Differenzirt man c, so erhält man eine unendliche Schaar von Curven, die sich in einer Reihe successiver Punkte schneiden können. Die Curve aber, welche durch alle diese Durchschnittspunkte bestimmt wird, heisst die Grenzcurve erster Ordnung oder die einhüllende Curve. Die durch die Zurückwerfung oder die Brechung erzeugten Brennlinien sind z. B. Grenzcurven, welche durch die Durchschnittspunkte der Strahlen erzeugt werden [1]). Das einfachste Mittel, die Gleichung einer solchen Grenzcurve zu finden, besteht darin, dass man die Gleichung $f(x, y, c) = o$ in Bezug auf c allein differenzirt, aus der so erhaltenen Gleichung $\frac{df}{dc} = o$ die Grösse c bestimmt und den Werth derselben in $f(x, y, c) = o$ einträgt. Findet sich, dass dieser Werth von c noch in dem letzteren Falle beständig bleibt, so hat die Curve keine Grenzcurve [2]).

Eine Differentialgleichung kann ein besonderes Integral ohne Constante ausser dem allgemeinen Integral geben. Das erstere entspricht hier wiederum der Grenzcurve, unter ähnlichen Bedingungen, wie früher [3]).

Diese Merkmale werden zunächst anzeigen, ob eine für eine Nervenwirkung entworfene Gleichung, in der die Nervenconstante k vorkommt, eine Grenzcurve überhaupt hat oder nicht, wenn k stetig variirt. Wäre es aber der Fall und hinge z. B. die Variation von einer stetigen Veränderung z. B. der Reizbarkeit in dem oben erwähnten Sinne ab, so würde die Gleichung der Grenzcurve den allgemeineren, natürlich rein idealen Fall ausdrücken, wie sich entweder die Wirkungen ganz unabhängig von allen Reizbarkeitsschwankungen gestalten müssen oder innerhalb welchen Feldes sie eingeschlossen bleiben.

---

[1]) Siehe z. B. J. C. E. SCHMIDT, Lehrbuch der analytischen Optik. Herausgegeben von GOLDSCHMIDT. Göttingen 1834. 8. S. 236—239 und S. 332—335.

[2]) Siehe z. B. BRANDES, a. a. O. Bd. II. S. 131.

[3]) Siehe z. B. SCHLÖMILCH, a. a. O. S. 508.

a) Tast- und Schmerzenseindrücke.

§. 416. Man hat hier die eigenthümliche Erscheinung, dass die Aenderung der Grösse der Reizung scheinbar verschiedene Arten von Empfindungen hervorruft. Der Tasteindruck wird zum Schmerze, so wie die Erregung eine gewisse Grösse überschreitet. Da dieses Ergebniss nicht von dem absoluten Werthe des Reizes, sondern dem relativen desselben in Bezug auf den Stimmungszustand der Nervengebilde abhängt, so muss eine krankhaft erhöhte Empfindlichkeit den Schmerz bei einer niederen und eine regelwidrig stumpfe Auffassung ihn bei einer höheren Reizungsgrösse, als gewöhnlich hervortreten lassen. Die Einflüsse der Hyperästhesie und die der Anästhesie stehen aber keineswegs immer nur in umgekehrtem oder sonst in einem beständigen Verhältnisse zur Reizgrösse. Die gegenseitige Beziehung durchläuft vielmehr oft genug eine ganze Scala von Werthen je nach der Art der Erregung. Mechanische Eingriffe haben häufig andere Erfolge, als thermische, chemische oder elektrische. Das Kitzeln kann anders wirken, als der starke Druck. Man darf daher nicht eine einzige kleinste Reizgrösse, die schon Schmerz verursacht, als vollständiges Maass der Hyperästhesie und die grösste, die schmerzlos ertragen wird, als solches der Anästhesie ansehen.

§. 417. Das Wort Schmerz bezieht sich scheinbar auf die verschiedenartigsten Empfindungen. Wir fassen unter diesem Ausdrucke nur diejenigen Eindrücke zusammen, die ihrer zu grossen Stärke wegen unangenehm werden, und unterscheiden zunächst die verschiedenen Arten des Schmerzes nach den mannigfachen Empfindungen, welche die Tastwerkzeuge bei gewöhnlichen Einwirkungen liefern. Wir haben mechanische Schmerzen, wie Drücken, Prickeln, Stechen, Bohren, Schneiden, Reissen, thermische, wie Brennen und chemische, wie Aetzen. Der Ausdruck wird oft ganz unbestimmt, die Art des Schmerzes willkürlich gedeutet. Ein nicht Aetherisirter, der eine schmerzhafte Operation z. B. eine Amputation aushält, vergleicht die Trennung der nervenreichen Theile mit dem Gefühle des Verbrennens durch glühende Körper, weil ihm diese Auffassungsweise die grösstmögliche Schmerzensempfindung nach anderen Erfahrungen bezeichnet. Hat er später den sogenannten Calender im Stumpfe, so glaubt er Ameisenlaufen, Prickeln, Stechen oder Reissen in dem fehlenden Gliede wahrzunehmen, je nachdem die Enden der durchschnittenen Nervenstämme weniger oder stärker bei

Witterungsänderungen erregt werden. Wie die allzugrosse Stärke des Lichtes die Unterscheidung der Farben, die des Schalles die Auffassung der Tonhöhen erschwert oder unmöglich macht, wie das feinere Erkenntnissvermögen des Geruchs- oder des Geschmackswerkzeuges durch zu heftige Wirkungen beeinträchtigt wird, so wiederholt sich das Gleiche für die sensiblen Nerven. Der sogenannte Schmerz ist nur der Ausdruck der allzugrossen und desshalb unklaren Wirkung. Sie wird von dem ruhigsten Menschen phantastisch gedeutet, wenn sie heftig genug eingreift.

§. 418. Die Unbestimmtheit der Auslegung kann nicht bloss an der Maximal-, sondern auch an der Minimalgrenze der Tastwirkungen wiederkehren. FICK und WUNDERLI verglichen in dieser Hinsicht sehr schwache mechanische und thermische Erregungen. Unempfindlichere Hautstellen, besonders der stumpfeste Bezirk des ganzen Körpers, die Rückenhaut, führten verhältnissmässig häufig zu Verwechselungen der Eindrücke. Hatte man die Haut mit Papier bedeckt, das eine runde Oeffnung von 2 Millimeter im Durchmesser übrig liess, so glaubte der Mensch nicht selten eine leise Berührung zu empfinden, wenn man nur ein erwärmtes Metallstäbchen der Haut näherte. Die Leichtigkeit solcher Täuschungen nimmt natürlich mit der Feinheit der Tastempfindlichkeit der verschiedenen Hautstellen ab. Die Anwendung auf die Untersuchung der Hyperästhesie oder der Anästhesie ergibt sich daher ohne weiteres.

§. 419. Der grösste Theil der mechanischen Tastreize wirkt durch den Druck, den sie auf die Haut ausüben. Denkt man sich die Schale einer Wage mit dem drückenden Körper unverrückbar verbunden, so lässt sich auf diese Art der minimale bemerkliche Druckunterschied auswerthen. Er wird von der Dicke der Oberhaut, der Nachgiebigkeit dieser und der Nachbartheile, der Starrheit der Weichtheile und der Knochen, gegen die das Gewicht die Haut drücken kann, der Feinheit der Tastempfindung der thätigen Hautstelle, der Wärme der Umgebung, die das Tastvermögen ändert und der Form und Härte des drückenden Körpers abhängen. Das Minimum des Gewichtes wird bei Hyperästhesie grösser und bei Anästhesie kleiner als gewöhnlich ausfallen, wenn man die kranke mit der gesunden symmetrischen Stelle vergleicht.

PANUM und DOHRN belasteten z. B. die Haut im Anfange mit 1 Grm. und untersuchten alsdann, welche Gewichtsabnahme zuerst bemerkt wurde. Die dritte Fingerphalange gab z. B. 0,294 Grm., die zweite 0,360 Grm. und die erste 0,506 Grm., die Hand 0,636 Grm. und der

Vorderarm 0,857 Grm. Die Nachbarschaft des Stirnbeines dürfte es am einfachsten erklären, wesshalb die Stirnhaut Minimalgewichte mit vieler Feinheit nach AUBERT und KAMMLER erkennt.

Ein anderes hierher gehörendes Prüfungsverfahren ist von GOLTZ vorgeschlagen worden. Man betastet einen mit Flüssigkeit gefüllten Gummischlauch, in dem eine an dem einen Ende erregte Welle abläuft.

§. 420. Das Gewicht grösserer Körper, die auf die Haut wirken, wird zunächst nach der Stärke des Druckes geschätzt. Die Unbestimmtheit der Empfindung nöthigt aber häufig, die Muskelthätigkeit zur näheren Prüfung zu Hilfe zu ziehen. Indem wir die Hand, die das Gewicht trägt, auf- und abführen, suchen wir kennen zu lernen, welchen Widerstand die Belastung erzeugt und in welchem Grade die das Gelenk umgebenden Weichtheile gespannt werden. Der Irrthum der Gewichtsschätzung kann hier in der unrichtigen Beurtheilung des Druckes, der Lastwirkung oder beider Einflüsse zugleich liegen. Es wird daher vorkommen, dass ein Kranker die Gewichte noch ziemlich richtig schätzt, den Druck auf der Haut dagegen nicht mehr spürt. Unvollständige Hautlähmungen lassen die Druckgrösse zu klein und beginnende Muskellähmungen die Gewichte zu gross erscheinen. Uebung und subjective Deutung gestatten hier einen grossen Spielraum des Urtheiles unter gesunden, wie unter krankhaften Verhältnissen.

§. 421. Die Abnahme der Kräfte der Muskeln oder der Bewegungsnerven der unteren Extremitäten wird ein von VIERORDT und HEYD für physiologische Zwecke angegebenes Verfahren mit Nutzen anwenden lassen. Ein Pinsel, der auf dem Scheitel eines aufrecht stehenden Menschen befestigt war, zeichnete die Körperschwankungen auf einer wagerecht darüber gehaltenen berussten Glastafel auf. Ein mässiger Torpor der Fusssohlenhaut, wie er durch den örtlichen Gebrauch des Chloroforms und besser durch den Einfluss des kalten Wassers hervorgerufen wurde, vergrösserte die Körperschwankungen. Erinnert man sich, wie sehr diese bei vielen beginnenden Paraplegieen, besonders nach dem Schliessen der Augen zunehmen, so können jene Curven ein Mittel liefern, die Grösse des Leidens sicherer als durch den blossen äusseren Anblick festzustellen.

§. 422. E. H. WEBER nimmt nach seinen Untersuchungen an, dass man den Unterschied zweier geschätzten Gewichte für gleich hält, wenn er denselben Bruchtheil des grössten Gewichtes beträgt,

ohne dass der absolute Werth des letzteren in Betracht kommt (§. 414.). Lassen auch die zahlreichen subjectiven Einflüsse, welche die Schätzung bestimmen, über die Richtigkeit der Norm schwer urtheilen, so darf man doch wenigstens behaupten, dass diese, selbst als blosse Annäherung, nur in gewissen mittleren Grenzen gültig sein wird. Man kann aber die vergleichende Prüfung von je zwei Gewichten mit denselben relativen und natürlich absolut verschiedenen Differenzen als Untersuchungsmittel bei beginnenden Muskellähmungen gebrauchen. Die absoluten Gewichtswerthe, die zu gröberen Täuschungen führen, werden dann ausserhalb der mittleren für die gesunden symmetrischen Theile gültigen Grenzen liegen.

§. 423. Man beurtheilt oft die Gewichtsunterschiede feiner, wenn man das zweite Gewicht einige Secunden, nachdem das erste gewirkt hat, auf dieselbe Hautstelle legt. Die Gedächtnissvorstellung der Tastempfindung klingt wahrscheinlich ebenfalls im Anfange rasch und später mit sinkender Geschwindigkeit ab. Es handelt sich daher hier darum, den Werth derselben, der vergleichsweise für die Beurtheilung des zweiten Eindruckes benutzt wird, nicht allzusehr heruntergehen zu lassen. Die entsprechenden Zeiten werden sich in allen Krankheiten, welche dieses Sinnengedächtniss schwächen, verkleinern und die Irrthümer selbst bei der unmittelbarsten Aufeinanderfolge der beiden Prüfungen zahlreicher und bedeutender ausfallen.

§. 424. Eine andere Prüfungsart kann sich auf die Deutung des Ortes des Druckes beziehen. Berührt man eine Hautstelle mit einem dünnen an seinem Ende abgerundeten Körper, so erkennt man den getroffenen Bezirk um so sicherer, je feiner er tastet. Man irrt sich daher am stärksten an der Rückenhaut und am wenigsten an der Zungenspitze. Beginnende Hautlähmungen führen natürlich leichter zu Trugschlüssen. Es lässt sich erwarten, dass es eine Art von Hyperästhesie geben wird, in der die Auffassung verfeinert erscheint, eine andere dagegen, bei der dieses nicht der Fall ist.

§. 425. Das von E. H. Weber zuerst eingeführte Verfahren, die relative Tastempfindlichkeitsgrösse einer Hautstelle durch die kleinste Linearentfernung, in der zwei Punkte gesondert erkannt werden, zu bestimmen, ist schon häufig von Aerzten benutzt worden. Sieveking's Aesthesiometer[1]) ist ein zu diesem Zwecke

[1]) Vgl. Mosler, im Archiv der Heilkunde. Bd. V. 1864. S. 87—89.

angefertigter Maassstab, der eine fixe und eine verschiebbare Tastspitze trägt. Es stimmt mit dem zur Schätzung der scheinbaren Grössen mikroskopischer Gegenstände von HARTING [1]) empfohlenen Schieberzirkel vollkommen überein.

Die Dicke der Oberhaut, die Form und die Grösse der beiden berührenden Körper, die Stärke des Druckes, die Richtung der die zwei Punkte verbindenden Geraden, die Aufmerksamkeit und die Uebung greifen in dieser Hinsicht entscheidend ein. Kinder, zarte Frauen, Blinde geben kleinere Minimalwerthe unter sonst gleichen Verhältnissen als Erwachsene, als Handarbeiter oder als Leute, die sich auf diesem Gebiete wenig geübt haben. Das Urtheil, ob man einen oder zwei Punkte fühlt, wird in dem Grenzbezirke unsicher. Die Widersprüche der Entscheidung häufen sich hier mehr, als jenseit oder diesseit des Uebergangsgebietes. Man hat bald die Empfindung eines, bald die zweier gleich oder ungleich drückender Punkte, bald endlich die einer längeren Linie. VOLKMANN empfahl daher mit Recht, mit der grössten Entfernung, bei der man nur einen Punkt fühlt anzufangen, von da zu immer bedeutenderen Abständen fortzuschreiten, bis der entschiedenste Eindruck zweier gesonderter Punkte zum Vorschein kommt und dann wiederum allmählig zu der Entfernung des unzweifelhaften Einfachfühlens zurückzukehren. Solche Beobachtungsreihen können dann wahrscheinliche Mittelwerthe und ein genaueres Urtheil über die Irrthumsgrössen möglich machen.

Eine gelähmte Hautstelle liefert eine grössere Minimalentfernung, als eine gesunde unter den gleichen Verhältnissen darbietet. Man beurtheilt dieses wiederum am sichersten, wenn ein regelrechter symmetrischer Bezirk desselben Menschen verglichen werden kann. Der Minimalabstand verkleinert sich nach BROWN-SÉQUARD bei Hyperästhesieen und nach HOPPE unter dem Einflusse der Wärme. Das Entgegengesetzte findet im Allgemeinen nach ALSBERG [2]) bei Hyperämieen und in geringerem Grade bei Anämieen Statt, wenn die Versuche an dem Handteller und der Fusssohle angestellt werden. Eine durch Chloroform betäubte Person soll nach KIDD eher zu sich kommen, wenn man die Hand und den Vorderarm, als wenn man das Gesicht mit kaltem Wasser besprengt.

[1]) P. HARTING, Das Mikroskop. Uebersetzt von THEILE. Braunschweig 1859. 8. S. 517. Fig. 211.

[2]) M. ALSBERG, Untersuchungen über den Raum- und Temperatursinn bei verschiedenen Graden der Blutzufuhr. Marburg 1863. 8. S. 18.

§. 426. Personen, denen eine äussere Nase aus der Stirnhaut angesetzt worden, verlegen im Anfange die Stiche, welche jene treffen, in die Stirngegend. Die Empfindungen werden nach dem Durchschneiden der Brücke unbestimmter, bis sich endlich zuletzt das richtige Oertlichkeitsgefühl einstellt[1]). Es versteht sich von selbst, dass auch hier die Prüfung mit dem Tastzirkel schärfere Ergebnisse liefern würde.

§. 427. Diese kann endlich dienen, die örtliche oder die allgemeine Wirkung der narkotischen Gifte zu verfolgen. Greifen sie nachdrücklicher ein, so vergrössern sie die kleinste Entfernung, in der die beiden Punkte zuerst unzweifelhaft doppelt erscheinen, in merklicher Weise. LICHTENFELS[2]) bemerkte schon, dass diese Veränderung länger als 24 Stunden nach dem Genusse von Belladonna, Atropin, Daturin oder Morphin und in geringerem Grade nach dem von Strychnin anhalten kann. Sie zeigt sich auch während der Aether- und der Chloroformbetäubung, verliert sich aber bald nach dem Erwachen. Der Weingeistrausch zeigt sie ebenfalls, übermässiges Tabakrauchen dagegen in geringerem Grade. Das Morphin bedingt noch nach LICHTENFELS die Eigenthümlichkeit, dass ein kräftigerer Grad von Druck zur Erzeugung der Empfindung nöthig ist. Strychnin bietet das Entgegengesetzte dar.

Alle örtlich angewandten Mittel, welche die Hautempfindlichkeit herabsetzen, vor Allem die Kälte und die Dämpfe einer Mischung von Essigsäure und Chloroform vergrössern die kleinste Entfernung zweier Punkte, die einen einfachen Eindruck geben, und die Dauer der Tastempfindungen (§. 431.).

§. 428. Man deckt gewöhnlich die Zirkelspitzen, die man für diesen Versuch gebraucht, mit kleinen Korkkegeln oder mit Stückchen von Kautschuk oder Gutta percha, um die schmerzhaften Eindrücke zu vermeiden. Geschieht dieses nicht, so findet man im Allgemeinen, dass die als Stiche wahrgenommenen beiden Punkte noch bei einer Entfernung doppelt erscheinen, bei der sie sonst einen einfachen Eindruck hervorbringen würden. Die grössere Stärke der Reizung verkleinert also die Minimaldistanz der gesondert kenntlichen Eindrücke. Dieses führte mich zu dem Schlusse, dass das Gleiche eintreten werde, wenn ein elektrischer Strom durch die

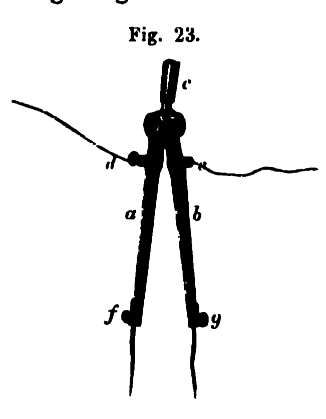
---

1) Siehe z. B. drei Fälle der Art bei FRIEDBERG, Virchow's Archiv. Bd. XVI. 1859. S. 1—6.

2) LICHTENFELS, Sitzungsberichte der Wiener Akademie. Bd. VI. 1851. S. 338—350.

Berührungsstelle geleitet würde. Die Erfahrung bestätigte diese Folgerung.

Fig. 23.



Ich liess mir zu diesem Zwecke eine Vorrichtung machen, die nicht bloss als mechanischer und als **elektrischer Tastzirkel**, sondern auch zu anderen physiologischen und ärztlichen Zwecken dienen kann. Man denke sich einen Zirkel *ab* Fig. 23., zwischen dessen beiden Charnierblättern eine Elfenbeinplatte eingeschaltet ist, die sich nach oben in einen isolirenden Handgriff *c* verlängert. Jeder der zwei Schenkel des Zirkels hat eine Klemme *d* und *e* zur Aufnahme der Elektrode, die durch eine Schraube festgehalten wird. Das äusserste Ende besteht aus einem Hohlcylinder zur Einführung von Elektrodenspitzen von Neusilber, Platin oder einem anderen Metalle. Klemmschrauben *f* und *g* sind auch für sie angebracht. Der Arzt kann hier seine elektrische Kugel, seinen Drahtpinsel, seine Träger befeuchteter Schwämme einsetzen. Man wird unpolarisirbare Elektroden herstellen, indem man amalgamirte Zinkdräthe einschiebt und mit Filtrirpapier bekleidet, das mit einer Auflösung von schwefelsaurem Zinkoxyd durchtränkt worden. Wollte man endlich den gegenseitigen Abstand der Enden ohne besondere Messung an einem Maassstabe bestimmen, so brauchte man nur einen Kreisbogen an dem einen Zirkelaste zu befestigen und durch den anderen verschiebbar durchzuführen, um die Entfernung an der Graduation abzulesen.

Stelle ich die beiden Elektrodenenden so nahe zusammen, dass ich nur einen einfachen Eindruck an der Unterfläche der Zungenspitze habe, so wird dieser sogleich doppelt, so wie ich irgend starke Inductionsströme des Magnetelektromotors durchleite. SUSLOWA[1]) gibt an, dass in dem letzteren Falle ein einfacher Eindruck statt der vorher in der Minimaldistanz noch unterschiedenen zwei Eindrücke gefühlt werden solle. Vergleicht man die verschiedenen vorher befeuchteten Hautstellen vor und während der Wirkung des elektrischen Stromes, so findet sich zunächst, dass hier die Dicke der isolirenden Oberhaut einen bedeutenden Einfluss ausübt. Sie

[1]) SUSLOWA, Zeitschr. für rationelle Medicin. Dritte Reihe. Bd. XVII. 1863. S. 155

kann, wie leicht erklärlich, bedingen, dass die eigenthümliche Wirkung des elektrischen Stromes unkenntlich wird. Der äussere rothe Theil der Lippe steht in Bezug dieser elektrischen Empfindlichkeit dem inneren beträchtlich nach und dieser wird wiederum von der Zungenspitze bedeutend übertroffen.

Es lässt sich erwarten, dass sich die mechanische und die elektrische Tastempfindlichkeit für Linearentfernungen nicht immer gleichmässig in Nervenkrankheiten ändern werden. Der elektrische Tastzirkel kann daher wiederum feinere Unterschiede der Leidenszustände erkennen lassen.

§. 429. Rückt man allmählig mit den Spitzen des Tastzirkels von einer minder empfindlichen zu einer empfindlicheren Hautstelle fort, so scheint sich die Entfernung zu vergrössern. Man überzeugt sich hiervon am einfachsten, wenn man von der Haut der Augenlider nach dem rothen Theile der Oberlippe hinabgeht. Rollt eine Kugel in ähnlicher Weise dahin, so scheint sie schwerer zu werden, wenn sie auf eine tastempfindlichere und leichter, wenn sie auf eine stumpfere Hautstelle gelangt. Beide Versuchsarten eignen sich, über krankhafte Veränderungen der Empfindlichkeitsgrösse kleinerer Hautbezirke Aufschluss zu geben. Sie werden besonders bei beginnenden Empfindungslähmungen des Antlitzes mit Nutzen gebraucht werden.

§. 430. Wäre es von Interesse, die Stärke der Integritätsgefühle der Amputirten zu messen, so würde man einen örtlichen Druck auf einen der Hauptnervenstämme des Stumpfes wirken lassen und hierbei bestimmen, welche Grösse und Dauer dieses Druckes die Empfindung des Ameisenlaufens in einem bestimmten Theile des fehlenden Endgliedes hervorruft und nach welcher Zeit sich diese Täuschung auf die übrigen mangelnden Gebilde allmählig ausdehnt. Man hätte noch zu berücksichtigen, ob das empfundene Endglied in seiner regelrechten Entfernung oder um wie viel es hinaufgerückt erscheint. Manche Oberschenkelamputirte versetzen z. B. die fehlenden Zehen auf den Boden oder in die Nähe desselben, Andere bei gekrümmtem Knie höher hinauf. Noch Andere sollen sie in der Nähe des Stumpfendes wahrnehmen[1]).

§. 431. Die Dauer der Tasteindrücke kann ein feineres Messungsmittel, als die Beurtheilung der linearen Abstände liefern. Dreht sich ein Zahnrad mit immer wachsender Geschwindigkeit, so unterscheidet der berührende Zeigefinger die Zähne und die Lücken

---

[1]) Guéniot, Journal de Physiologie de Brown-Séquard. Vol. IV. 1861. p. 416.

nicht mehr, so wie die Schnelligkeit eine gewisse Grösse erreicht hat. Man empfindet dann den Eindruck der Continuität. Der Wechsel der Stärke führt zu dem Gefühl des Rauhen oder des Wolligen, so lange die Drehungsgeschwindigkeit eine gewisse Grenze nicht überschreitet. Ist dieses geschehen, so erscheint die Fläche glatt und bei noch grösserer Schnelligkeit wie auf das Feinste polirt.

Der Eindruck, den ein Zahn hinterlässt, klingt asymptotisch ab. Er verliert also am Anfange am meisten und später immer weniger (§. 414.). Ist die Bewegung so rasch, dass schon der zweite Zahn wirkt, ehe der erste in merklicher Weise abgeklungen, so wird man den Eindruck der Glätte oder der Politur haben. Der des Rauhen oder des Wolligen dagegen entsteht dadurch, dass die Stärke der Nachwirkung bis zu einer gewissen Grösse gesunken ist, wenn sich der Eindruck des zweiten Zahnes geltend macht.

§. 432. Es wiederholt sich hier, dass Gebilde mit feinerer und durchfeuchteter Oberhaut, vor Allem die Zungenspitze eine grössere Umdrehungsgeschwindigkeit für die Gleichförmigkeit des Eindruckes nöthig haben. Die erforderliche Schnelligkeit wächst auch, so wie die Zähne spitz sind und daher leicht Schmerz erzeugen, wenn selbst schwache Inductionsschläge durch das Tastrad gehen, fremde Körper, die Ungleichheiten der Bewegung verursachen, eingeschaltet oder ein Theil der Oberhaut durch verdünnte Kali- oder Natronlösung entfernt und so die Oberfläche glatter gemacht worden. Die Behandlung mit Weingeist hat den entgegengesetzten Erfolg. Alle Ursachen, welche die Auffassung der Empfindungseindrücke herabsetzen, also die Aether- oder die Chloroformbetäubung, vergrössern die Umdrehungsgeschwindigkeit, die den gleichförmigen Eindruck hervorbringt.

§. 433. Vergleichbare Zahlen der minimalen Umdrehungsgeschwindigkeiten können nur dann erhalten werden, wenn der Druck der Hautstelle gegen die Zähne des Tastrades in verschiedenen Versuchen unverändert bleibt. Man wird daher einen verstellbaren, aber in beliebiger Entfernung zu befestigenden Schirm in der Nähe des Randes des Rades für ärztliche Prüfungen anbringen. Eine in ihm befindliche Oeffnung sichert es, dass jedes Mal ein gleich grosser Bezirk der tastenden Fingerspitze hervorquillt und mit nahezu gleicher Stärke drückt.

§. 434. Man misst hier eine andere Richtung der Tastthätigkeit, als bei dem Gebrauch der Zirkelspitzen. Denn diese belehren, welche Grösse des Zwischenraumes der Empfindungswerkzeuge nöthig

ist, um zwei verschiedene Eindrücke gesondert zu erkennen. Das Tastrad dagegen zeigt, mit welcher Geschwindigkeit die Empfindung eines jeden Tastbezirkes abklingt. Man darf erwarten, dass die durch krankhafte Verhältnisse bedingten Störungen nicht immer in dieser doppelten Beziehung gleichartig wirken. Die grössere Feinheit der durch das Tastrad möglichen Aufschlüsse rührt zum Theil davon her, dass hier eine ganze Reihe von Empfindungen, die des Rauhen, des Wolligen, des Glatten und der Politur für die Untersuchung zu Gebote steht, während der Tastzirkel nur eine weit beschränktere Prüfung gestattet.

§. 435. Berührt man das Tastrad mit zwei Hautstellen von ungleicher Empfindlichkeit, so kann dieselbe Umdrehungsgeschwindigkeit den Eindruck der Glätte an der einen und den des Wolligen an der andern liefern. Man wird hierin ein Mittel haben, die ersten Anfänge der sensiblen Fingerlähmung der einen Hand im Vergleich zu der anderen gesunden nachzuweisen.

§. 436. Die Gefühle der Wollust und des Schmerzes sind bis zu einem gewissen Grade von der Empfindlichkeit für die Wahrnehmung der Linearabstände und der Nachwirkungen der Tasteindrücke unabhängig. Die Haut der Eichel gehört keineswegs zu denjenigen Bezirken, die zwei Punkte erst in sehr geringen gegenseitigen Abständen gesondert auffassen. Bezirke mit dünner Oberhaut und zahlreichen Hautnerven, wie die Umgegend des Ellenbogenknorrens empfinden das Stechen einer Nadel lebhafter, als die Fingerspitze. Die bei der Aether- oder der Chloroformbetäubung vorkommende Erscheinung, dass der Mensch die Berührung des Zahnschlüssels, nicht aber den Schmerz bei dem Ausreissen des Zahnes spürt, lässt schliessen, dass kleine durch die peripherischen Organe und Nervenenden vermittelte Eindrücke der Betäubung länger widerstehen, als grosse im Verlaufe der Nervenstämme erzeugte. Man hat schon etwas Aehnliches bei den Reflexbewegungen. Ein leiser Hautkitzel erzeugt sie eher, als die Verletzung eines Nervenstammes. Die Unempfindlichkeit für Schmerzenseindrücke bei gleichzeitiger Auffassung der Tastwirkungen kehrt auch nach SCHIFF [1]) wieder, wenn man alle Theile des Rückenmarkes mit Ausnahme der Hinterstränge durchschnitten hat. Sie kommt in Fällen von Lähmungen im Menschen ebenfalls vor [2]).

---

1) M. SCHIFF, Lehrbuch der Physiologie. Bd. I. Lahr 1856. 8. S. 251.

2) Siehe z. B. LANDRY, Arch. gén. de méd. Tome. XXIX. 1852. p. 257—75.

§. 437. Die Wärmeempfindungen der Haut fordern wesentlich verschiedene Ausmessungen, je nachdem sie nur subjectiv sind oder nicht. Die thermometrische Bestimmung allein entscheidet in dem ersteren Falle. Sie sagt z. B. aus, dass die Eigenwärme der Innentheile des Körpers schon während des Fieberfrostes krankhafter Weise erhöht ist. Das gewöhnliche Verfahren, die Thermometerkugel durch die Achselhöhle oder einen anderen geeigneten Körpertheil allseitig zu umschliessen und dann Minutenlang zu warten, bis die Höhe der Quecksilbersäule angeblich beständig bleibt, leidet an wesentlichen Mängeln. Man bereitet sich unnöthiger Weise das Hinderniss, die Wärme der benachbarten Innentheile durch die schlechtleitende Oberhaut durchzuführen und das Ende der Beobachtung auf diese Weise unnöthig zu verzögern. Nähme man Thermometer, deren Säule Schwankungen, die zwischen $^1/_{10}$ und $^1/_{100}$ °C. liegen, rasch und mit grösseren Ausschlägen anzeigt, so würde man sehen, dass die durch die Haut nach aussen geleitete Wärme nie beständig bleibt.

Die Messungen in dem Mastdarme oder der Scheide und, wenn sie nicht angehen, die in der geschlossenen Mundhöhle führen sicherer zum Ziele. Ein Thermometer mit einem sehr dünnen Quecksilberfaden und einer im Verhältniss zu diesem grossen Quecksilbermasse in dem runden oder noch besser dem cylindrischen bis schwach conischen Behälter, kann die Haupthöhe der entsprechende Temperatur in wenigen Secunden erreichen. Die sich nach unten verjüngende Gestalt des Behälters und ein mit dem seinigen nahezu gleich grosser Durchmesser des Rohres nebst Glastheilung eignen sich am besten zur Einführung in die Körperhöhlen. Gesonderte und angeheftete Scalen von Papier oder Messing sind meist zu verwerfen.

§. 438. Man spürt das kalte Wasser um so eher bis in den Magen hinab, je niederer sein Wärmegrad ist und je reichlicher es eingeführt worden. Dasselbe wiederholt sich für den Mastdarm und den Grimmdarm bei dem Gebrauche kalter Klystiere. Die Anwendung auf krankhafte Fälle ergibt sich ohne weiteres.

§. 439. Die Abkühlung stumpft das Hautgefühl mehr ab, wenn sie die Nervenenden, als wenn sie den Verlauf der Nervenstämme trifft. Lässt man Eis auf die Tastflächen der Endphalangen der Fingerspitzen in einem ersten Versuche und weit grössere Eismassen selbst für längere Zeiten auf die Gegend des Ellenbogenknorrens, mithin auf den Ellenbogennerven in einem zweiten Versuche wirken, so bemerkt man, dass dessenungeachtet die Empfindlichkeit für die

Erkenntniss der Linienabstände und die Dauer der Tasteindrücke in dem ersten Falle mehr, als in dem anderen abgenommen hat. Es gibt wahrscheinlich Zustände, in denen eine krankhafte Beweglichkeit der Markmolecüle der Nervenstämme den entgegengesetzten Erfolg herbeiführt.

§. 440. Die Wärmeschätzung, die wir mittelst unserer Haut vornehmen, wird durch die Dicke und das Leitungsvermögen der Oberhaut, die Temperatur und die Wärmecapacität der in Betracht kommenden Gewebe und der berührten Körper und die Grösse der Berührungsfläche bestimmt. Ein Gesunder empfindet daher das Brennen an einer Hautstelle mit dünnerer Oberhaut lebhafter, als an einer solchen mit dickerer. Hat man den einen Hüftnerven eines kleineren Säugethieres getrennt, so erkennt man die Wärmeunterschiede der Fusssohlen der beiden Hinterbeine mit den Lippen genauer, als mit den Fingern und selbst mit den gewöhnlichen thermometrischen Vorrichtungen. Abstumpfungen des Wärmegefühls der Bindehaut, der Zungenspitze, des rothen Theiles der Lippen bei beginnender Lähmung des dreigetheilten Nerven werden sich durch den Mangel eines feineren Schätzungsvermögens der Wärme kenntlich machen.

§. 441. Füllt man zwei Gefässe mit derselben Flüssigkeit von gleicher Temperatur, so erscheint dessenungeachtet diejenige, in welche eine grössere Hautfläche taucht, wärmer, als die, in welche man eine kleinere Hautfläche von gleicher Empfindlichkeit versenkt hat. Halblähmungen der Haut setzen natürlich diesen Einfluss der Grösse der Berührungsfläche herab. Haben benachbarte Hautstellen nahezu die gleiche Empfindlichkeit, so verstärken sie die Gesammtempfindung nach Maassgabe der Zahl der Berührungspunkte. Dieses ist aber bei regelwidrigen örtlichen Ungleichheiten nicht mehr der Fall.

§. 442. Die Haut kann sehr geringe Wärmeschwankungen unter günstigen Bedingungen angeben. Unterschiede von $^1/_{10}$ bis $^1/_{20}$ ° C. werden noch mit Sicherheit erkannt. Versuche, in denen der Zeige- und der Mittelfinger in Wasser versenkt wurde, führten FECHNER zu der Ueberzeugung, dass eine Wärme, die zwischen 10° und 20° C. liegt, die feinsten Empfindungsunterschiede zu Tage fördert. Die Wärme von 17° C. lieferte das Maximum. LINDEMANN verlegt den günstigsten Bezirk in die Nähe der Blutwärme und ALSBERG zunächst zu 16°, weiter hinauf zu 28° und vorzugsweise zwischen 35° und 39° C. Die Hyperämie stumpft nach dem

Letzteren die Wärmeempfindlichkeit (im Allgemeinen um 0,2 bis 0,3° C.) ab, während die Anämie dieselbe erhöht (um 0,1 bis 0,3° C.). Die Einflüsse der Aufmerksamkeit und der Uebung machen sich übrigens hier eben so gut als für die meisten übrigen Tastwirkungen geltend.

§. 443. Kältegrade in der Nähe des Gefrierpunktes und Wärmegrössen, die höher als die Blutwärme liegen, setzen das Wärmeunterscheidungsvermögen herab und heben es zuletzt ganz auf. Es bedarf keiner näheren Erläuterung, wie sich diese Erscheinungen für die genauere Erkenntniss der Lähmungsverhältnisse verwerthen lassen. Das auf dem Leidenfrost'schen Versuche beruhende Kunststück, die Hand in eine schmelzende Metallmasse ohne Schmerz zu tauchen und unversehrt herauszuziehen oder ein rothglühendes Eisen mit nackten Füssen zu betreten, gehört nicht hierher. Die verdampfbaren Flüssigkeit, die an der Hautoberfläche haften bleibt, bildet eine schützende Dampfschicht und bewahrt zugleich vor schädlichen Hitzewirkungen durch die bei der Verdunstung sich bindende Wärme. Der sphäroidale Zustand des Wassers macht es bekanntlich möglich, dass dieses in einem rothglühenden Platintiegel gefrieren kann.

§. 444. Krankhafte Verdünnungen der Oberhaut oder andere Ursachen, die den Zugang zu den Nerven allzu sehr erleichtern, lassen Eingriffe schmerzhaft erscheinen, die sonst nur Tastempfindungen hervorrufen. Es hängt von der Zerstörungsgrösse der peripherischen Tastwerkzeuge durch eine Geschwürsbildung ab, ob und wie Eindrücke erkannt werden, die ein gewisses Maass nicht überschreiten. Bilden der Eiter und die abgestorbenen Gewebsmassen eine Art von schützender Hülle, so können alle Empfindungen scheinbar mangeln, wenn sie auch ohne jene Nebenbedingung vorkommen würden. Dieses dürfte den Widerspruch zwischen der Angabe von E. H. und TH. WEBER und der von KÖLLIKER (§. 183.) erklären. Da die Stämme der Tastnerven mechanische und chemische Reize, die sie mitten in ihrem Verlaufe treffen, mit dem Gefühl eigenthümlicher Schmerzen (§. 417.) beantworten, so folgt, dass jede Geschwürsfläche die Möglichkeit der Wahrnehmung nicht ausschliessen kann. Die kleineren oder grösseren Nervenstämme bleiben hier immer den äusseren Einwirkungen zugänglich.

b) Geschmack.

§. 445. Man muss hier vor Allem Prüfungskörper wählen, die weder durch chemische Nebenwirkungen stören, noch blosse Tast-

eindrücke oder eine Mischung von diesen und Geschmacksempfindungen hervorrufen. Alle salzigen und sauere Massen sind daher von vorn herein ausgeschlossen. Bedenkt man aber, dass die meisten süssen oder bitteren zusammengesetzten Präparate solche Nebenkörper enthalten, so schränkt sich der Kreis der mit Sicherheit zu gebrauchenden Substanzen sehr ein. Versuche mit Lacriz, Aloë, Quassia, Coloquinthen bedürfen schon grosser Vorsicht. Zucker und Chinin mit so wenig Säure versetzt, dass noch ein sichtlicher Theil des Alkaloides ungelöst bleibt und dann filtrirt, dienen am zuverlässigsten.

§. 446. Will man die Geschmacksstellen auffinden, so genügt es nicht, sie nur mit dem Prüfungskörper in Berührung zu bringen. Man muss diesen vielmehr mit dem Pinsel hin- und herstreichen, weil hierdurch die Geschmacksauffassung eben so unterstützt wird, als das Tasten und das Riechen durch entsprechende Bewegungen. Jedes positive Ergebniss ist um so sicherer, je früher der Geschmack empfunden wird. Tritt er erst nach längerer Zeit ein, so bleibt immer der Verdacht offen, dass der untersuchte Stoff zu einer entfernten schmeckenden Stelle durch Diffusion gelangt sei.

§. 447. Die homöopathischen Verdünnungen, die mittelst einer Maassröhre aus einer ursprünglichen Lösung von bekannter Concentration hergestellt werden, geben über die Stärke des Geschmackvermögens Aufschluss. Man muss aber hierbei zunächst berücksichtigen, dass der Eindruck des Süssen schon bei einer weit geringeren Verdünnung als der des Bitteren verloren geht. Untersucht man die Körper, die durch chemische Tasteindrücke wirken, so zeigt sich, dass der Geschmack des Salzigen ebenfalls früher, als der des Saueren aufhört. Die Oertlichkeitsverhältnisse können hierbei besondere Eigenthümlichkeiten darbieten. Es gibt Menschen, die eine sehr verdünnte Zuckerlösung noch mit der Zungenspitze schmecken, wenn sie die Geschmacksempfindung derselben mittelst der Zungenwurzel nicht mehr wahrnehmen. Sehr verdünnte bittere Lösungen bieten das Umgekehrte dar. Man würde endlich irren, wenn man die in einer grössten noch schmeckbaren Verdünnung enthaltene Menge des Stoffes für das absolute Minimum der Wahrnehmbarkeit ansehen wollte. Nimmt man eine geringere Quantität einer concentrirteren Lösung, so kann diese deutlich geschmeckt werden, wenn auch die absolute Menge des gelösten Stoffes kleiner als bei dem Gebrauche der stärksten Verdünnung ist. Man muss daher bei vollständigen Ausmessungen zwei Grenzen aufsuchen, das

absolute Minimum der noch schmeckbaren Flüssigkeitsmenge bei stärkster Concentration und die grössere noch auf ein Mal schmeckbare Flüssigkeitsmenge bei möglichst geringer Concentration.

§. 448. Die Aenderung der Geschmackseindrücke mit dem Wechsel des Verdünnungsgrades der schmeckbaren Lösung kann noch ein feines Messungsmittel der Fähigkeit der Geschmackswerkzeuge abgeben. Verdünnt man z. B. die Schwefelsäure immer mehr mit Wasser, so tritt ein bitterlicher Geschmack ein, wenn alle Empfindung der Säure verloren gegangen ist. Nur ein gutes Geschmackswerkzeug nimmt dieses wahr. Es arbeitet um so feiner, je deutlicher sich der Geschmack des Saueren bei den Verdünnungen erhält und je länger hierauf der des Bitteren wahrgenommen wird. Die Angabe, dass verschiedene Bezirke der Geschmackswerkzeuge verschiedene Geschmackseindrücke desselben Prüfungskörpers hervorrufen, bestätigt sich bei genauerer Untersuchung nicht.

§. 449. Der so häufig vorkommende bittere Geschmack im Munde kann durch eine von dreierlei Ursachen allein oder die Verbindung mehrerer erzeugt werden. Galligte oder bittere Stoffe überhaupt, die sich in dem Zungenbelage oder an anderen schmeckenden Oberflächen befinden und von denen aufgelöste Theile endosmotisch eindringen, das Vorkommen solcher Körper in der Ernährungsflüssigkeit, endlich die Anwesenheit derselben im Blute können Geschmackseindrücke hervorrufen. Man kennt bis jetzt kein sicheres Mittel, diese drei Arten von Bedingungsgliedern wechselseitig zu unterscheiden und jedes derselben genau auszumessen.

§. 450. Dieselben Prüfungen, wie für die reinen Geschmackseindrücke des Süssen und des Bitteren, lassen sich auch für die Tastempfindungen des Salzigen und des Saueren durchführen. Eine doppelte Untersuchung z. B. eine mit einem bitteren und eine mit einem salzigen Geschmackskörper ist vorzugsweise bei reinen Lähmungen des Zungenschlundkopfnerven und des dreigetheilten Nerven nöthig. Der Geschmack der sogenannten aromatischen Massen hängt keineswegs nur von dem Geruchseindrucke ab, wie behauptet worden. Versuche z. B. mit Gewürznelken können das Gegentheil erhärten. Die zugleich vorhandene Riechempfindung erleichtert aber die Erkenntniss. Solche Körper können daher zur Untersuchung benutzt werden, ob eine Abnahme der Thätigkeit der Geruchswerkzeuge gleichzeitig mit der Abstumpfung des Geschmackes vorhanden ist oder nicht.

c) Geruch.

§. 451. Man muss hier wiederum zunächst die ächten Geruchsempfindungen, die Tasteindrücke der Nase und die aus beiden gemischten Wahrnehmungen unterscheiden, um vorkommenden Falles zu erkennen, ob eine Lähmung des Riechnerven oder eine solche der Nasenzweige des dreigetheilten Nerven vorliegt. Moschus dient am besten für die reinen Geruchsempfindungen und kaustischer Salmiakgeist für die Tasteindrücke. Die Wahrnehmbarkeit des letzteren durch die Nase geht viel früher verloren, als die Erkenntniss des Ammoniaks durch Salzsäuredämpfe, Hämatoxylin oder das Nessler'sche Reagens. Man riecht dagegen Mengen von Moschus oder von Schwefelwasserstoff, die sich lange nicht mehr durch ein chemisches Mittel nachweisen lassen.

§. 452. Die Empfindlichkeit der Wahrnehmung steht in geradem Verhältnisse zur Minimalmenge des Stoffes, der zur Erkenntniss nöthig ist. Dieser Satz liefert die Mittel, die Feinheit der Geruchs- und der Tastwirkungen der Nase zu messen.

§. 453. Löst sich der Prüfungskörper in einer tropfbaren Flüssigkeit oder wird ein Riechgas von dieser verschluckt, so schreitet man auf dem Wege der homöopathischen Verdünnung fort, bis man den Geruch unter keiner Bedingung mehr erkennt. Dieses Verfahren führt einen Uebelstand mit sich, der einen gewissen Grad von Zuverlässigkeit dem ganzen Unternehmen entzieht. Wir riechen nur das, was an riechbaren Stoffen gas- oder dampfförmig aus der Flüssigkeit davongeht. Man muss daher noch die von der eigenthümlichen Beschaffenheit und der Temperatur abhängige Verdunstbarkeit des Riechkörpers ausser dem Verdünnungsgrade in Betracht ziehen. Diese Grössen lassen sich aber nur selten in genügender Weise bestimmen.

§. 454. Es ist sicherer, die Versuche mit unmittelbaren Verdünnungen der Gase oder der Dämpfe anzustellen. Da es sich hier um die Anwesenheit von Spuren von Riechstoffen handelt, so würde die einfache Mengung in hohem Grade unbequem sein. Wollte man selbst einen mit Atmosphäre gefüllten Behälter von einem Cubikmeter nehmen, so könnte die Beimischung von nur einem Cubikcentimeter Schwefelwasserstoff oder Bromdampf erst eine Verdünnung von einem Milliontheil erzeugen, während hier eine weit stärkere bisweilen nöthig wird. Ein anderes mühsameres Verfahren gestattet, so weit man will, fortzuschreiten, ohne sehr grosse Gas-

behälter gebrauchen zu müssen oder die Genauigkeit der quantitativen Verhältnisse zu beeinträchtigen.

§. 455. Man nimmt ein Röhre von ungefähr einem Millimeter im Lichten, verengert sie in der Nähe des einen Endes so sehr, dass sie hier später rasch zugeschmolzen werden kann, schliesst sie sogleich an dem anderen Ende mittelst der Lampe und bläst dieses zu einer dünnwandigen Kugel aus. Das Ganze wird mit Quecksilber gefüllt, indem man es erwärmt, über Quecksilber umgestürzt erkalten und dieses emporsteigen lässt. Die in Grammen ausgedrückte Gewichtsmenge des Quecksilbers, welches die Kugel und die Röhre bis zur Verengerung ausfüllt, getheilt durch die Eigenschwere desselben, gibt das Cubikcentimetern entsprechende Volumen, welches der Berechnung zum Grunde gelegt wird und das wir die Capacität des Systemes nennen wollen. Man füllt dieses von neuem mit Quecksilber, befestigt die Röhre in einem Korke, der eine mit dem reinen Gase gefüllte Flasche schliesst und lässt das Quecksilber von selbst ablaufen oder treibt es, wenn es sich sperrt, durch Erwärmen heraus. Hat man dann das System nach dem Erkalten mit Gas von der der Temperatur, dem Barometerstande und dem Feuchtigkeitsgrade entsprechenden Spannung gefüllt, so schmilzt man die verengerte Stelle des Rohres durch die Löthrohrflamme zu, bringt das System in eine verschliessbare mit Atmosphäre gefüllte Flasche, deren Capacität bis zur Ebene des Verschliessungszapfens man kennt und schüttelt so lange, bis die dünnwandige Kugel zerbricht. Das Verhältniss der Capacität des Systemes zu dem der Flasche gibt die Verdünnung an. Man füllt ein zweites System mit dieser Verdünnung und wiederholt den Versuch so oft, bis man eine Gasmischung erhält, die nicht mehr gerochen wird.

§. 456. Frölich[1]) gibt an, dass das Schnupfen oder der innere Gebrauch mancher Alkaloide die Feinheit des Geruchssinnes merklich ändert. Das Schnupfen von Strychnin führt nach ihm eine Verschärfung der Riech und der Tastempfindungen herbei. Es geht soweit, dass Ammoniakdämpfe Schmerzen erzeugen. Die Tastwahrnehmung, nicht aber das eigentliche Riechen litt bei einem ziemlichen Grade eines Weingeistrausches. Die Empfänglichkeit für Gerüche schien nach dem Erwachen aus der Chloroformbetäubung erhöht, nach dem Rauchen starken Tabaks dagegen unverändert zu sein. Morphin oder Atropin innerlich genommen stumpften das Riechvermögen ab.

[1]) Frölich, Sitzungsberichte der Wiener Akademie. Bd. VI. 1851. S. 322—38.

d) Gehör.

§. 457. Man muss zunächst ermitteln, ob das Ohr nicht bloss die Schallwellen, die durch den äusseren Gehörgang, das Paukenfell und die Gehörknöchelchen dem Vorhofe zugeleitet werden, sondern auch die, welche durch die Kopfknochen zu der Spindel und von da zu der Spiralplatte der Schnecke gehen, auffassen kann. Die ärztliche Untersuchung beschränkt sich gewöhnlich auf den Gebrauch einer Taschenuhr oder eines ähnlichen Schallerregers, den man zuerst in einer kleineren oder einer grösseren Entfernung von dem äusseren Ohre hält und dann zwischen die Zähne des Kranken bringt. Dieses Verfahren gestattet eine nur unvollkommene Prüfung der Fähigkeit, die Schallstärke wahrzunehmen. Es belehrt nicht über die Unterschiede, die von der Höhe und dem Klange des Tones abhängen. Genauere Untersuchungen fordern einen Schallerreger von passender Form, dessen Schallstärke, dessen Tonhöhe und dessen Klang sich nach Belieben ändern lässt. Ein Uhrwerk, in dem ein Hammer gegen eine Glocke schlägt, gibt verschiedene Tonhöhen mit dem Wechsel der Zahl der Schläge. Ein Dämpfer von passendem Material oder andere Nebenkörper, die mit der Glocke verbunden werden, können die Stärke und den Klang des Tones beliebig ändern. Eine Einrichtung nach Art der Spieluhren würde ebenfalls zum Ziele führen.

Die Zurückwerfung und der hierdurch bedingte Intensitätsverlust der Schallwellen erklärt es, wesshalb man den Schall eines schwingenden festen Körpers stärker zu hören pflegt, wenn man das Ohr an ihn unmittelbar legt, als wenn sich eine grössere Luftschicht zwischen beiden befindet. Der Hauptnutzen des Stethoskopes rührt von dieser Erscheinung her. Man würde aber irren, wenn man hieraus schliessen wollte, dass alle Menschen das Picken einer Uhr oder den Ton einer Stimmgabel besser vernehmen, wenn sie diese schwingenden Massen zwischen die Zähne, als wenn sie sie vor dem Ohre halten [1]). Das Entgegengesetzte findet in Vielen Statt. Man kann sich Aequivalente der beiden Arten der Hörfähigkeit verschaffen, wenn man zuerst die Uhr an die Zähne stemmt und dann die Entfernung von dem äusseren Ohre sucht, welche die gleiche Tonstärke wie in dem ersten Falle gibt.

[1]) Ueber die Verstärkung der Empfindung durch den Verschluss des äusseren Gehörganges. Siehe Lucae, Virchow's Archiv. Bd. XXV. 1862. S. 339.

§. 458. Die Ohrenärzte pflegen eine Uhr oder einen anderen schallenden Körper in grösserer oder geringerer Entfernung von dem Ohre mit freier Hand zu halten, um den **Grad der Taubheit** nach dem Abstande, in dem noch gehört wird, zu bestimmen. Dieses Verfahren kann nicht genügen, weil die Nebeneinflüsse, welche die unmittelbare Fortpflanzung der Schallwellen zum äusseren Ohre und dem Kopfe überhaupt stören, und die Möglichkeit des Wechsels der Richtungsbeziehungen der Schallstrahlen zu dem äusseren Gehörgange und der Zurückwerfung derselben nicht ausgeschlossen sind. Man vermeidet zum Theil diese Uebelstände, wenn man eine Vorrichtung gebraucht, wie sie schon VIERORDT, RENZ und WOLF für physiologische Versuche benutzt haben. Der Schallerreger befindet sich auf einem gepolsterten senkrecht stehenden Brette, das in einem wagerechten, mit einer Scale versehenen Schlitten läuft. Ein zweites an beiden Oberflächen gepolstertes und mit einer passenden Höröffnung versehenes Brett dient zur Aufnahme des Ohres. Man lässt den Mittelpunkt dieser Oeffnung mit dem der äusseren Oeffnung des äusseren Gehörganges zusammenfallen und drückt das Ohr und die Nachbartheile des Kopfes gegen die Polsterung. Wählt man einen der §. 457. erwähnten Schallerreger, so kann die durch die Scale angebbare grösste Entfernung, in der ein Schall von bekannter Stärke oder ein Ton von gegebener Höhe und bestimmtem Klange mit Sicherheit erkannt wird, als Maasswerth des Hörens dienen.

§. 459. Man muss immer diese drei Seiten der Tonempfindung unterscheiden, weil die an gesunden Menschen angestellten Beobachtungen lehren, dass die Feinheit des Gehörs mit ihnen wechselt. Die Fähigkeit, geringe Verschiedenheiten der Tonstärke aufzufassen geht für musikalische und musikalisch gebildete Ohren weit weniger herab, als die der Erkenntniss der Tonhöhen. Die Empfänglichkeit für kleine Abweichungen des Klanges ist, wie wir sehen werden, wahrscheinlich noch geringer. Gesunde, aber nicht musikalische oder selbst nur nicht musikalisch ausgebildete Ohren führen zu anderen Ergebnissen. Es ergibt sich hieraus, dass die bisherige Untersuchungsweise der Ohrenärzte, die vor Allem die Schallstärke berücksichtigt, nicht genügt, dass alle drei Beziehungen des Tones geprüft werden müssen, wenn man das Leiden genügend erkennen will.

§. 460. Man nimmt für die Wellenbewegungen des Aethers, wie für die der festen Stoffe an, dass die grösste **Ausweichung**, die **Elongation** oder die **Amplitude** der Theilchen aus ihrer früheren Gleichgewichtslage oder die Wellenhöhe die Intensität der Wirkung

mmt. Die Stärke des Lichtes hängt hiernach von dem Quadrate grössten Amplitude der Aethermolecüle und die des Schalles dem gleichen Werthe der wägbaren Theilchen ab. Indem man die Wirkung auf die Nerven als Stösse vorstellt, geht man von Gedanken aus, dass die Intensität der lebendigen Kraft oder Producte der Masse und des Quadrates der Geschwindigkeit schwingenden Theilchens oder für die Einheit der Masse dem lrate der Ausweichungsgrösse proportional ist. Der Satz gilt weder für die Auffassung der Lichtstärke durch das Auge, für die der Schallintensität durch das Ohr. Nicht bloss die se, sondern auch der Rhythmus der Ausweichung, also die höhe kann sich für den Eindruck der Tonstärke geltend machen. empfängt bei gleichem Werthe der Fortpflanzungsgeschwindigkeit desto grössere Menge von Wellen in der Zeiteinheit, je kürzer lben sind. Nun haben wir §. 342. gesehen, dass eine Erhöhung der Zeiteinheit entsprechenden Zahl der Inductionsschläge die imale Hubhöhe eines Muskels vergrössert, wenn nicht das tungsmaximum schon vorher erreicht worden. Wenden wir s auf die Tonempfindung an, so lässt sich erwarten, dass das mum der noch wahrnehmbaren Schallstärke unter sonst gleichen ältnissen um so kleiner ausfallen wird, je höher der Ton ist. hört desshalb das Pfeifen einer Locomotive in einem weiteren ande, als den stärkeren Ton einer grossen Kirchenglocke.

§. 461. Lässt man diesen Punkt bei Seite, so nimmt die Schallte mit dem Quadrate der Entfernung für alle Tonhöhen ab. Hat daher einen Schallerreger von beständiger Schallstärke in der 17. erwähnten Vorrichtung und findet sich, dass das eine Ohr Klang oder den Ton noch in der grössten Entfernung *a* und andere in der von *b* auffasst, so ist man im Stande, die gen Schallstärken nach jener Norm zu berechnen.

§. 462. Diese Prüfungen können natürlich auch dienen, das Verm des Ohres auszumessen, zwei binnen Kurzem auf einander nde Schallstärken zu unterscheiden. Die Aenderung liesse sich h den Schallerreger selbst oder durch einen blossen Ortswechsel elben mittelst eines Schlittens herstellen. Nehmen wir an, Tonhöhe bleibe dieselbe und die zwischen der ersten und zweiten Schallerregung verlaufende Zeit sei klein genug, um volle Kraft des Sinnengedächtnisses wirken zu lassen, so darf i erwarten, dass das Unterscheidungsvermögen zweier rasch einander folgender und einander nahe liegender Schallstärken

mit der Zunahme der Intensität derselben wachsen, dann ein gewisses Maximum erreichen und später von Neuem abnehmen wird. Dieses Maximum selbst aber muss wiederum mit der Schärfe des Gehöres wechseln. Es wird bei um so geringeren Tonstärken eintreten und sich bei der weiteren Anschwellung derselben um so länger ohne merkliche Abnahme erhalten, je feiner das Gehör ist.

Erzeugt die erste Schallerregung eine andere Tonhöhe oder einen anderen Klang als die zweite, so wird hierdurch das Unterscheidungsvermögen erleichtert. Es ist daher für die einfacheren Fälle sicherer, den Wechsel der Schallstärke durch einen solchen des Abstandes des Schallerregers, als durch eine Aenderung der Tönung selbst hervorzurufen.

§. 463. Das Versuchsverfahren kann noch über die Stärke der hier in Betracht kommenden Art des Sinnengedächtnisses Aufschluss geben. Man wird zwei auf einander folgende und nicht sehr ungleiche Schallstärken um so eher unterscheiden, je kürzer die zwischen ihnen liegende Ruhepause ist und je öfter die Wiederholung der beiden successiven Schallerregungen Statt gefunden hat.

§. 464. Die verschiedenen Arten von Hör- und von Sprachröhren wirken dadurch, dass sie die Schallwellen durch das Zusammenfliessen der unmittelbar fortschreitenden und der von den Wänden zurückgeworfenen Wellen verstärken. Man pflegt diese Vorrichtungen einfach kegelförmig zu machen. Es wäre aber zu versuchen, ob nicht andere Gestalten, auf welche einzelne Eigenschaften der Kegelschnitte hinweisen, zweckmässiger wären.

Alle Licht- oder Schallstrahlen, die von dem einen Brennpunkte einer Ellipse ausgehen, sammeln sich durch Reflexion in dem zweiten Brennpunkte. Die welche von dem Brennpunkte einer Parabel kommen, werden so zurückgeworfen, dass sie der Achse der Parabel parallel laufen. Dieses hat schon LAMBERT im vorigen Jahrhundert auf den Gedanken geführt, eine eigenthümliche Combination vorzuschlagen. Ein erster Theil der Vorrichtung besteht aus einem Rotationsellipsoide, das also congruente Ellipsen für alle Längsdurchschnitte und daher nur zwei im Verlaufe seiner Achse liegende Brennpunkte für das Ganze hat, und ein zweiter aus einem Paraboloide. Liegt der eine Brennpunkt des Ellipsoides nahe an dem Ende der Vorrichtung, so darf man ihn als den Ort der Schallquelle ohne grossen Fehler ansehen. Ein trichterförmiges Zuleitungsstück könnte es auch möglich machen, dass sich die grösste Menge der Schallstrahlen in dem Brennpunkte vereinigte. Die Zurückwerfung

führt sie in dem zweiten Brennpunkte abermals zusammen. Bildet aber der letztere zugleich den Brennpunkt des paraboloidischen Ansatzstückes, so würden durch dieses die Schallstrahlen in einer der Achse parallelen Richtung zurückgeworfen. Man hätte daher einen Cylinder von Schallstrahlen, welcher ungefähr die gleiche Stärke an allen Punkten des Querschnittes darbietet.

Wollte man durch ein Hörrohr bewirken, dass nahezu alle Schallstrahlen von einem Punkte des äussern Gehörganges divergiren, so würde man ihm die Form eines Theiles eines Rotationsellipsoides geben, das durch zwei die Brennpunkte durchsetzende und auf der Achse senkrechte Ebenen abgeschnitten ist. Da die Ellipsen um so flacher werden, je grösser ihre Excentricität ist, so liesse sich eine zweckmässige Gestalt leicht darstellen.

§. 465. Die Bestimmung der Tonhöhe gestattet vielseitigere Prüfungen, als die der Tonstärken. Man findet einerseits die feinsten musikalischen Ohren, welche die geringste Dissonanz peinlich berührt, und anderseits Gehörwerkzeuge, an denen die grösste Disharmonie der Töne unbemerkt vorübergeht. Die Uebung, vorzugsweise die musikalische Ausbildung kann hier Vieles verbessern. Krankhafte Zustände geben in dieser Hinsicht ein reiches Feld für Maassbestimmungen.

§. 466. Jedes Ohr hört nur innerhalb gewisser Grenzen der Tonhöhen. Betrachtet man die Verhältnisse, wie sie sich unmittelbar zeigen, so gibt es eine untere und eine obere Grenze der der Zeiteinheit entsprechenden Schwingungszahlen, mithin auch eine grösste und eine kleinste Wellenlänge, die unser Ohr auffasst. Zu langsame oder zu rasche Schwingungen gehen als Tonhöhen unbemerkt vorüber.

Liess SAVART einen Eisenstab so drehen, dass er eine in einem Brette angebrachte Spalte nach jedem halben Umgange durchsetzte und wiederholte sich dieses 14 bis 15 Mal in der Secunde[1]), so hörte man einen sehr tiefen Ton neben dem erzeugten Geräusche. Da aber DESPRETZ die Octave nicht hervorbringen konnte, als er zwei Spalten statt einer auf dem Wege einer Umdrehung anbrachte, so schloss er, dass der tiefe Ton eine andere Ursache, als die oben erwähnte Zahl von Luftstössen hatte, die der Durchgang des Eisenstabes durch die Spalte erzeugte. Der Versuch kann daher die Frage,

---

[1]) Eine Abbildung dieser Vorrichtung siehe bei JAMIN, Cours de Physique. Tome II 1859. 8. p. 461. Fig. 416.

welchen tiefsten Ton man höre, nicht entscheiden. Sicher ist, dass man 16 einseitige Stösse oder 32 Schwingungen in der Secunde als tiefen Ton vernimmt, da dieser von einer 32-füssigen Orgelpfeife geliefert wird.

SAVART verlegt die höchsten noch hörbaren Töne auf 48000 und DESPRETZ auf 73000 Schwingungen in der Secunde. Das Letztere setzt jedoch Verstärkungen durch Resonanz voraus, weil die Töne an und für sich zu schwach werden. Dieses bestätigt den allgemein gültigen Satz, dass die Grenzen der Hörbarkeit der Tonhöhen von der Tonstärke wesentlich abhängen.

§. 467. Man hat 11 Octaven zwischen 32 und 65536 Schwingungen in der Secunde. Es lässt sich erwarten, dass nicht alle Gehörwerkzeuge diesen ganzen Bezirk der Wahrnehmbarkeit haben werden. Krankheiten des Hörnerven, Unwegsamkeit der Eustachischen Trompete, regelwidrige Spannungszustände des Trommelfelles beengen ihn in hohem Grade. Will man die Grenzen der hörbaren Tonhöhen näher bestimmen, so kann eine Sirene oder ein Savart'sches Zahnrad die nöthigen Dienste leisten. Hat man eine Sirene mit einer bekannten Zahl von Löchern, so wäre es für die höchsten Töne nur nöthig, eine sehr grosse und beständige Geschwindigkeit der Umdrehung ihrer Scheibe zu geben. Die Anwendung eines passenden Blasebalges und die Regulirung des Windstromes durch einen Hahn könnte für gröbere Bestimmungen ausreichen. Ein Resonanzboden müsste die für die höchsten Töne nöthige Verstärkung herstellen. Ein mit zahlreichen Zähnen versehenes Zahnrad, das sich rasch herum bewegt, könnte ebenfalls zum Ziele führen.

§. 468. Die Unterscheidung zweier Tonhöhen, deren Schwingungszahlen nahe bei einander liegen, hängt von dem ursprünglichen Grade und der späteren Ausbildung des musikalischen Gehörs ab. Man muss aber dabei berücksichtigen, dass das wiederholte Hören desselben Tones das Ohr nach DOVE für die gleiche, nicht aber für andere Tonhöhen abstumpft. SEEBECK gibt an, dass zwei Tonhöhen als verschieden erkannt zu werden vermögen, wenn ihre Schwingungszahlen um $^1/_{1209}$ der einen von einander abweichen. Die Ohren mancher guter Musiker sind aber schon so unempfindlich, dass ein zwei bis drei Mal so grosser Unterschied nöthig wird. Unmusikalische Ohren irren oft selbst bei $^1/_{100}$ bis $^1/_{200}$ oder noch mehr.

§. 469. Proben der Art lassen sich an zwei gleichzeitig in Schwingung versetzten Monochorden anstellen. Die auf die Zeit-

einheit kommende Zahl der Querschwingungen einer Saite steht der Theorie nach in umgekehrtem Verhältnisse zur Länge, dem Durchmesser und der Quadratwurzel der Dichtigkeit derselben, dagegen in geradem zur Quadratwurzel des Spannungsgewichtes. Man könnte daher, wie es scheint, die beliebig kleinsten Unterschiede der Schwingungszahlen zweier Monochorde durch Aenderungen der Länge hervorrufen. Die Erfahrung mahnt aber hier zur Vorsicht. Genauere Untersuchungen lehrten, dass die Tonhöhe weniger, als die Theorie fordert, steigt, wenn man die Länge der Saite zu sehr verkürzt oder diese durch eine dickere ersetzt, selbst angenommen, dass der eine Endpunkt des schwingenden Theiles durch schwere Gewichte genau festgestellt worden. Der Grund liegt darin, dass die Theorie eine vollkommene Biegsamkeit der Saite annimmt, diese dagegen immer einen grösseren oder geringeren Grad von Starrheit besitzt. Die letztere wirkt, als wenn das Spannungsgewicht um eine beständige Grösse vermehrt worden wäre. Man muss daher zuerst die beiden aus demselben Material bestehenden, gleich langen und gleich dicken Saiten mit denselben Zuggewichten belasten, das der einen später vergrössern und die Klemme, die ihr schwingendes Ende bestimmt, verrücken, bis sie, eben so lang, als die andere Saite, aber stärker gespannt ist. Ist das Zulagegewicht so klein, dass man den bei der Dehnung eintretenden Unterschied des Halbmessers und des Gewichtes der Saite nicht zu berücksichtigen braucht, so lässt sich der verhältnissmässige Unterschied der Tonhöhen der beiden Saiten nach dem der Quadratwurzeln des Spannungsgewichtes bestimmen.

§. 470. Es gibt noch ein anderes einfacheres, obgleich nicht so zuverlässiges Mittel, die Empfindlichkeit des Ohres für Ungleichheiten der Tonhöhen zu prüfen. Nähert man sich einer tönenden Glocke oder einer andern hinreichend starken Tonquelle mit der nöthigen Geschwindigkeit, so wird nach Montigny der Ton höher. Er vertieft sich, so wie man sich entfernt. Die Schallwellen pflanzen sich mit einer verhältnissmässig nicht grossen Schnelligkeit in der Luft fort. Die Secundengeschwindigkeit beträgt z. B. nach Wertheim 331,98 Meter bei 0°,5 C., 338,68 M. bei 16° C. und 347,82 M. bei 26° C. Geht man der Tonquelle mit der ebenfalls in Metern ausgedrückten Geschwindigkeit v' entgegen, während die Fortpflanzungsschnelligkeit unter den gegebenen Nebenbedingungen v ist, so nimmt die der Zeiteinheit entsprechende Schwingungszahl des Tones um $\frac{v'}{v}$ zu und bei der Entfernung um eben so viel ab. Ist also die

Menge der der Zeiteinheit entsprechenden Schwingungen, die zum Ohre gelangen, n', so hat man $n' = n\left(1 \pm \frac{v'}{v}\right)$, wobei n die Schwingungszahl der Tonquelle ohne Rücksicht auf die Bewegung des Hörenden bezeichnet und das obere Zeichen für die durch die Annäherung bedingte Erhöhung, das untere dagegen für die durch die Entfernung herbeigeführte Vertiefung der Tonauffassung gilt. Das Minimum des Unterschiedes der Tonhöhe, das eben noch erkannt wird, fällt natürlich unter sonst gleichen Verhältnissen um so kleiner aus, je schneller sich der Mensch bewegt. Man kann daher die der kleinsten nöthigen Geschwindigkeit entsprechende Grösse der Ortsveränderung als Maass der Feinheit der Wahrnehmung eines Ohres in Vergleich zu der der Gehörwerkzeuge eines andern Menschen ansehen.

Entfernt man eine Taschenuhr oder eine schwingende Stimmgabel immer weiter vom Ohre, so steigt die Tonhöhe nach Ringer[1]) mit der Vergrösserung des Abstandes. Sie kann auch durch die blosse Leitung der Schallwellen durch eine feste und tropfbar flüssige Masse zunehmen, während sich die Tonstärke verkleinert. Ringer glaubt überhaupt aus seinen Versuchen schliessen zu können, dass alle Körper die Tonhöhe in Verhältniss der Schwierigkeit vergrössern, mit der sie die Schwingungen aufnehmen und fortpflanzen. Poröse Massen dagegen sollen sie herabsetzen können. Aerztliche Erfahrungen werden lehren müssen, wie sich diese Thatsachen für Gehörproben genügend verwerthen lassen.

§. 471. Man kann elastische Saiten, Stäbe oder Scheiben so anschlagen, dass man ihre Längen- und ihre Querschwingungen als verschiedene Töne gleichzeitig hört. Die drehenden Schwingungen lassen sich ebenfalls hörbar machen. Da die Schwingungszahlen unter diesen verschiedenen Verhältnissen ungleich ausfallen, die Querschwingungen einer gespannten Saite z. B. einen tieferen Ton als die Längenschwingungen geben, so können Vorrichtungen, welche die gleichzeitige Auffassung verschiedener Schwingungsarten gestatten, für die Bestimmung der Feinheit der gleichzeitigen Erkenntniss verschiedener Töne benutzt werden.

§. 472. Ein anderes Prüfungsmittel liegt in der Unterscheidung der Consonanz und der Dissonanz. Die Consonanz zweier Töne beruht darauf, dass man die wechselseitigen Beziehungen ihrer

[1]) Ringer, Pogg. Ann. Bd. CXVIII. 1863. S. 640.

Schwingungszahlen durch möglichst einfache auf einander folgende Werthe der natürlichen Zahlenreihe ausdrücken kann. Die Octave z. B. macht doppelt so viel Schwingungen, als der Grundton. Man hat also 1 : 2. Die Quinte gibt $^3/_2$ im Verhältniss zum Grundtone, also 2 : 3, die Quarte $^4/_3$ oder 3 : 4, die grosse Terz $^5/_4$ oder 4 : 5 und die kleine Terz $^6/_5$ oder 5 : 6. Man kann die Feinheit des Gehörs darnach ausmessen, dass man feststellt, welche Abweichung der relativen Schwingungszahlen stattfinden kann, ohne dass der Eindruck der Consonanz gestört wird. Dasselbe gilt für die Accorde. Das Ideal eines solchen wäre, dass die Combination je zwei ihm angehörender Töne eine absolute Consonanz bildete. Die musikalische Technik genügt aber häufig dieser Forderung nur annäherungsweise. Unmusikalische Ohren hören in dieser Hinsicht Unterschiedsgrössen nicht mehr, die ein musikalisches Ohr beleidigen.

§. 473. Klingen zwei Töne, deren Schwingungszahlen einander nahe stehen, gleichzeitig, so werden sich die Schallwellen beider durch Interferenz während aller Zeittheile verstärken, in denen die Ausweichung der Molecüle beider nach derselben und schwächen, wenn sie nach der entgegengesetzten Seite gerichtet ist. Man hat daher ein allmähliges An- und Abschwellen der Tönung, eine Schwebung. Ist die Schwächung verhältnissmässig bedeutend, so erhält das Ohr einen discontinuirlichen Eindruck, der auf musikalische Gehörwerkzeuge unangenehmer wirkt, als ein ununterbrochener. Man kann daher die Schwebungen benutzen um die Empfindlichkeit des Ohres für das An- und Abschwellen der Töne und die dabei in Betracht kommende ästhetische Auffassung zu prüfen.

§. 474. Die Combinationstöne und zwar sowohl die TARTINI'schen Differenz-, als die HELMHOLTZ'schen Summationstöne kommen dann zu Stande, wenn die bei den Schwebungen auftretenden, den Coincidenzen der zwei Wellenzüge entsprechenden Wirkungen oder die gleichzeitigen Einflüsse derselben sich deckenden Zustände der beiden Wellenarten im Ohre rasch genug auf einander folgen, dass die Einheitsempfindung eines Tones entsteht. Grosse Unterschiede der Schwingungszahlen führen daher zu dieser Wirkung, kleine dagegen zu einzelnen erkennbaren Stössen. Die am leichtesten hörbaren Combinationstöne sind die TARTINI'schen, deren Schwingungszahl dem Unterschiede der Schwingungszahlen der erzeugenden Töne gleicht. Die der Summe derselben entsprechenden Summationstöne von HELMHOLTZ lassen sich schwerer erkennen. Jene sind natürlich tiefer und diese höher, als die interferirenden Töne.

Man kann diese Erscheinungen in dreierlei Richtungen für die Untersuchung der Gehörempfindungen ausbeuten. Lässt man die Schwingungszahl des einen Tones unverändert, die des andern dagegen zu- oder abnehmen, so wird eine von der Empfänglichkeit des Ohres abhängende Differenz auftreten, bei der es einen Combinationston, statt der einzelnen Stösse hört. Dieser Combinationston erster Ordnung kann aber solche höherer Ordnungen durch seine Verbindung mit den ursprünglichen Tönen von Neuem erzeugen. Die Erkenntniss derselben hängt wiederum von der Feinheit des Gehörs ab. Diese wird es endlich bestimmen, ob man die schwerer aufzufassenden HELMHOLTZ'schen Summationstöne wahrnimmt oder nicht. Die Klirrtöne, die durch die lose Berührung einer Stelle des Verlaufes einer gespannten Saite mit einem Stege erzeugt werden, können zu solchen Prüfungen ebenfalls dienen.

§. 475. Hält man zwei Stimmgabeln, die eine reine Quinte geben, gleichzeitig vor einem Ohre, so vernimmt man natürlich den Combinationston. Dieser fehlt aber nach DOVE, wenn sich die eine Stimmgabel vor dem einen und die andere vor dem zweiten Ohre befindet. Die Schwebungen und die einzelnen Stösse lassen sich auch in diesem letzteren Falle erkennen. Diese Ergebnisse werden mit der Gehörfeinheit ebenfalls wechseln.

§. 476. Die Wesenheit des Klanges hat zu mannichfachen Auffassungsweisen Veranlassung gegeben. Bleibt auch die der Zeiteinheit entsprechende Zahl der Schwingungen, mithin die Tonhöhe unverändert, so können doch dabei die Bewegungsarten der Theilchen unendlich verschieden sein. EULER nahm theoretisch an und SEEBECK schloss aus Versuchen, die er mit der Sirene anstellte, dass der Klang von dieser Eigenthümlichkeit der Einzelbewegungen neben der die Tonhöhe bestimmenden Periodicität abhängt. OHM legte andere Grundsätze seinen akustischen Betrachtungen zu Grunde. Das Ohr fasst hiernach eine einfache pendelartige Schwingung der Luft als einfachen Ton auf. Es zerlegt aber jede andere Art periodischer Luftbewegung in eine Anzahl pendelartiger Schwingungen und erhält dem entsprechend den Eindruck einer Reihe von Tönen. HELMHOLTZ[1]) entschied sich für diese und gegen die erstere Auffassungsweise. Er konnte demgemäss seine Obertöne mit den Klangverhältnissen in Beziehung bringen.

[1]) H. HELMHOLTZ, Die Lehre von den Tonempfindungen als physiologische Grundlage für die Theorie der Musik. Braunschweig 1863. 8.

§. 477. LAGRANGE [1]) und FOURIER haben im Gebiete der höheren Analysis bewiesen, dass man jede periodische continuirliche Erscheinung durch eine unendliche Reihe ausdrücken kann, deren einzelne Summationsglieder allmählig steigende Werthe der periodischen Grössen enthalten. Nennt man z. B. p die Geschwindigkeit der Lufttheilchen an einer bestimmten Stelle, n die der Zeiteinheit entsprechende Anzahl der Schwingungen und t die Zeit, so kann man demgemäss die Reihe, $p = a_1$ sin. $2 \pi n t + c_1) + a_2$ (sin. $4 \pi n t + c_2)$ $+ a_3$ (sin. $6 \pi n t + c_3) + \ldots$ aufstellen, wobei a und c beständige Grössen sind. Jedes Glied, dessen Gleichungsform sich auf die einer Pendelbewegung durch eine passende Transformation zurückführen lässt, entspricht einer eigenen Tonhöhe. Man hat daher ausser dem Grundtone eine Zahl von Obertönen, die im Allgemeinen immer höher, zugleich aber auch schwächer werden. Diese theoretische Betrachtung lenkte die Aufmerksamkeit von HELMHOLTZ auf die Obertöne, die einen bedeutenden Einfluss auf die Aussprache der Vocale und der Consonanten und die Klangfarbe des Tones ausüben. Zerlegt das Ohr eine zusammengesetzte periodische Bewegung in eine Reihe einfacher pendelartiger Schwingungen, so wird es nach dem Ohm'schen Grundsatze eine Zahl von Neben- oder Obertönen ausser dem Haupttone vernehmen. Jene bestimmen aber den Klang in wesentlicher Weise. Er muss sich ändern, je nachdem die Obertöne gar nicht oder in grösserem oder in geringerem Umfange gehört werden. Der tiefste Ton bestimmt die Tonhöhe des Klanges. Man kann aber noch Obertöne von zwei, drei Mal so viel Schwingungen unter günstigen Nebenbedingungen heraushören.

Das Unterscheidungsvermögen der Klangarten ist auf diese Art auf die Fähigkeit zurückgeführt, eine bestimmte Summe von Obertönen ausser dem Grundtone aufzufassen. Versuche der Art können daher über andere Thätigkeitsseiten des Gehörorganes belehren, als die blosse Bestimmung der Tonhöhen.

§. 478. Die Geräusche lassen sich ebenfalls als Prüfungsmittel benutzen. Man pflegt sie unperiodische, die Töne dagegen periodische Tonbildungen zu nennen. Diese Auffassung entspricht nicht immer der Wirklichkeit. Jedes Geräusch besteht wahrscheinlich aus einem Gemenge musikalischer Töne, ungefähr wie die weisse

---

[1]) Siehe z. B. O. SCHLÖMILCH, Compendium der höheren Analysis. Erste Auflage. Braunschweig 1853. 8. S. 329—342. (Die Darstellung ist in der zweiten Auflage für den noch nicht erschienenen zweiten Band aufgespart.)

Farbe aus einer Mischung anderer Farben entsteht. SAVART suchte schon durch mannigfache Versuche zu zeigen, dass die Geräusche verschiedene vorherrschende Tonhöhen darbieten. Sie entgehen uns nur häufig, weil sich derselbe Ton zu selten wiederholt. SEEBECK hörte ungleich hohe Töne aus einem Geräusche heraus, je nachdem sein Ohr gegen dasselbe verschieden gerichtet war. HELMHOLTZ gibt an, dass man die Einzeltöne eines Klanges durch blosse Richtung der Aufmerksamkeit vernehmen könne. MACH [1]) vermuthet, dass das Ohr sich durch die Spannungswirkungen der Ohrmuskeln für das Hören eines bestimmten Tones vorbereitet und der Einfluss der Aufmerksamkeit aus diesem Umstande hervorgeht. Alles dieses lässt sich natürlich zu Prüfungen auf das Mannichfachste verwerthen.

§. 479. Die vergleichende Untersuchung der beiden Ohren eines gesunden Menschen führt zu manchen auffallenden Erscheinungen. FESSEL bemerkte an sich und an Musikern, dass das rechte Ohr dieselbe Tönung etwas höher, als das linke auffasst. Hielt er eine Pariser Stimmgabel neuester Norm vor dem linken Ohre und stimmte eine möglichst gut nachgeahmte nach dem rechten, so gaben beide zusammen eine Schwebung zu viel nach einigen Secunden. Man hatte eine solche zu wenig, wenn die Normalgabel vor das rechte und die zu stimmende vor das linke Ohr kam. Die letztere verrieth dann eine tiefere Stimmung. FECHNER bemerkte eine andere Täuschung. Erzeugte er einen gleichförmigen Ton vor dem einen Ohre mittelst einer Stimmgabel und einen aussetzenden vor dem zweiten Ohre durch eine andere Stimmgabel, die rasch um ihre Achse gedreht oder abwechselnd genähert und entfernt wurde, so war er geneigter, den anhaltenden Ton auf der Seite des aussetzenden zu suchen.

§. 480. Der gleichzeitige Gebrauch beider Ohren unterstützt uns bei der Beurtheilung der Richtung und selbst der Entfernung des Schalles. Wir vermuthen die Schallquelle in der Mittelebene, wenn der Eindruck auf beide Ohren nahezu gleich ausfällt und verlegen sie nach der Seite hin, deren Ohr eine stärkere Empfindung darbietet. Ungleichheiten in der Hörfähigkeit beider Ohren rufen Täuschungen in dieser Hinsicht hervor. Man muss natürlich alle Zurückwerfungen der Schallstrahlen, die zu Irrungen führen können, in solchen Untersuchungen möglichst vermeiden.

---

[1]) MACH in Moleschott's Untersuchungen. Bd. IX. 1864. S. 313—315.

§. 481. Hielt sich E. H. WEBER zwei Uhren von ungleichem Gange vor einem Ohre, so konnte er die Perioden des Zusammenfallens der Schläge und die, in welchen sie ungleichzeitig auftraten, unterscheiden. Jene bildeten einen sich wiederholenden Rhythmus. Er fehlte dagegen, wenn man je eine Uhr vor je einem Ohre hielt. Der Eindruck der rhythmischen Tönung wird bei geringerer Auffassungsschärfe mangeln. Menschen mit lebhaftem Wahrnehmungsvermögen können die Gehöreindrücke beider Ohren nicht bloss neben einander erkennen, sondern auch so verbinden, dass das Zusammenfallen und der daraus hervorgehende Rhythmus ebenfalls bemerkt werden.

§. 482. Feinere Unterschiede in dem Hörvermögen beider Ohren lassen sich überhaupt bemerken, wenn man zwei an Stärke, Rhythmus oder Klang ungleiche Tonquellen zuerst zusammen an einem Ohre und dann gesondert an beiden untersucht.

§. 483. So leicht die verschiedensten subjectiven Tonempfindungen im Gesunden künstlich erzeugt werden und unter krankhaften Verhältnissen von selbst auftreten, so schwer dürfte es sein, hier sichere Maassversuche anzustellen. Erinnert man sich der Angabe von BONNAFONT, dass man eine rothe von einem gefüllten Blutgefässe herrührende Linie am Trommelfell längs des Ansatzes des Hammers mittelst des Ohrenspiegels sieht, wenn hohe Töne oder tiefe von ausserordentlicher Stärke gehört werden, nicht aber wenn tiefe mittlerer oder geringerer Intensität wirken, so wäre zu untersuchen, ob nicht einzelne scheinbar subjective Hörempfindungen von Veränderungen des Trommelfelles begleitet werden, die sich mit dem Ohrenspiegel verfolgen liessen. Die mittelst eines Manometers messbare künstliche Anspannung des Trommelfelles durch das Eintreiben von Luft in die Eustachische Trompete und die Trommelhöhle liesse sich in doppelter Hinsicht verwerthen. Man würde ermitteln, bei welchem Spannungsgrade subjective Gehörempfindungen auftreten und wie das Gehör wechselt, je nachdem tiefe oder hohe Töne das Ohr treffen.

c) Gesicht.

§. 484. Da die Muskeln des Augapfels das Auge gleich einem Fernrohre nach den verschiedenen Richtungen des Raumes drehen, so hat man die Aufgabe, den grösstmöglichen Werth der hierdurch bedingten Wendung der Sehachse zu finden. Eine für diese Bestimmung passende Vorrichtung kann zugleich zur Ermittelung mancher Verhältnisse des ruhenden Auges dienen.

Man denke sich eine an dem Umkreise in Grade getheilte Kreisscheibe z. B. von 30 Centimeter Halbmesser. Sie trägt eine Mire oder einen anderen hellen und kleinen Gegenstand, der längs des Kreisbogens, eine Strecke weit auf dem entsprechenden Halbmesser und von hieraus wiederum auf einem concentrischen Kreisbogen verschoben und an einem beliebigen Orte befestigt werden kann. Der Nullpunkt der Theilung befindet sich in der Mitte des Kreisbogens. Ein Ausschnitt macht es möglich, das Auge so zu stellen, dass der Drehpunkt desselben mit dem Mittelpunkte der Kreistheilung annähernd zusammenfällt. Der Kopf lässt sich durch eine Vorrichtung, wie sie die Photographen benutzen, der Sicherheit wegen feststellen. Die Entfernung des Mittelpunktes der Kreisbogen der Vorrichtung von dem kreisförmigen, ihnen concentrischen Ausschnittsrande ist ein für alle Mal angegeben. Man wird in Betreff der Lage des Drehpunktes des Auges nicht sehr irren, wenn man ihn 12 bis 14 Millimeter hinter den Scheitelpunkt der Hornhaut verlegt. Der dabei begangene Fehler schadet um so weniger, je grösser der Halbmesser des in Betracht gezogenen Kreisbogens ist. Man findet die passende Stellung des Auges, wenn der Mensch die auf dem Nullpunkte eingestellte Mire fixirt und der Beobachter durch ein Diopter oder ein Fernrohr von der Seite her nach einem Maassstabe visirt, der dem Halbmesser des Nullpunktes parallel steht und auf den sich der dem Nullpunkte entsprechende Theil des Ausschnittes und die Wölbung der im Profil gesehenen Hornhaut senkrecht projiciren. Die Kreisscheibe selbst kann wagerecht, senkrecht und in beliebigen Zwischenlagen eingestellt werden.

Der zu Untersuchende schliesst das eine Auge, richtet das andere gegen die auf dem Nullpunkte stehende Mire und lässt sie so lange auf dem entsprechenden Halbmesser verschieben, bis die Entfernung dem Abstande des deutlichsten Sehens entspricht. Das Bild kann dann noch um einen gewissen Bogen auf dem entsprechenden concentrischen Kreise seitlich verschoben werden, ehe es seine grösste Schärfe einzubüssen anfängt. Eine fernere Wendung macht es immer undeutlicher, bis endlich die Umrisse gänzlich schwinden und eine unbestimmte Lichtempfindung übrigbleibt. Diese geht zuletzt ebenfalls verloren. Die äusserste Winkelgrösse der Wahrnehmbarkeit hängt aber nicht bloss von der Lichtstärke des Bildes und den Eigenschaften der Netzhaut, sondern auch von der Weite der Pupille ab. Sie wird um so mehr eingeengt, je kleiner der entsprechende Durchmesser des Sehloches ist. Ist der

Mensch nicht im Stande das Auge bei den Seitenbewegungen der Mire vollkommen unverrückt zu erhalten, so wird man eine fixe im Nullpunkte aufgestellte Mire, die unausgesetzt betrachtet wird, neben der beweglichen zu Hilfe ziehen.

Dieses Verfahren bestimmt die äusseren oder scheinbaren Winkelgrössen der Bezirke des schärfsten, des deutlichen, des indirecten Sehens und der Lichtempfindung überhaupt. Die Grenzen der einzelnen Empfindungen sind willkürlich. Nimmt man sie aber für alle Drehungsrichtungen des Augapfels gleich an, so erhält man eine passende Grundlage, über den Einfluss der verschiedenen Meridiane desselben zu urtheilen. Man kann hiernach eine flächenhafte Construction der Ausdehnung der Bezirke des deutlichsten, des deutlichen, des unbestimmten Sehens und der Lichtempfindung überhaupt entwerfen. Der Wechsel der Lichtstärke, der Farbe und der Fixationsdauer der Mire ändert die Bogengrössen der einzelnen Bezirke in merklichem Grade. Der später zu betrachtende Astigmatismus wirkt ebenfalls oft auf die Ergebnisse nachdrücklich ein.

§. 485. Der Versuch, die entsprechenden Bogen und Flächen der Netzhaut aus den äusseren Winkeln oder den äusseren Flächen und dem Abstande des Hornhautmittelpunktes von der Mire zu berechnen, kann nur auf hypothetischen Annahmen über die Länge der Gesichtsachse, die Dimensionen und die Eigenschaften der Brechungskörper des Augapfels durchgeführt werden. Solche Berechnungen gehören zunächst in die naturwissenschaftliche Physiologie. Die ärztliche (§. 38.) wird sie nur dann vornehmen, wenn es sich darum handelt, zu erfahren, welchem Bezirke z. B. ein Punkt der Netzhaut angehört, der eine auffallende Eigenthümlichkeit bei der ophthalmoskopischen Untersuchung darbietet.

§. 486. Hat man die Mire auf dem Null entsprechenden Halbmesser in der genauen Anpassungsferne aufgestellt, so wird man sie auf ihrem Kreisbogen nach einer Seite herumführen und die Sehachse des einen Auges so lange als möglich folgen lassen. Der Bogen, den man auf diese Weise erhält, gibt den grössten äusseren Winkel, um den sich das Auge in der gegebenen Richtung drehen kann. Die Untersuchung bei wagerechter und bei senkrechter Stellung und in den schiefen Zwischenlagen aussen und innen macht es wiederum möglich, eine äussere maximale Drehungsfläche des Auges zu entwerfen. Zwei Fehlerquellen haften hier selbst der genauesten und gelungensten Untersuchung an. Die Lage des Drehpunktes des Auges lässt sich nur annäherungsweise bestimmen, wenn

man selbst den Gebrauch des Ophthalmometers (§. 487.) zu Hilfe zieht. Sie ist auch nicht so unveränderlich, als dieses bei der reinen Kugelform des Auges der Fall wäre. Da zu beiden Seiten des hinteren Endes der Gesichtsachse Bezirke liegen, die noch keinen merklichen Deutlichkeitsunterschied der Bilder von denen des hinteren Ende der Sehachse geben, so überschreitet der gefundene grösste Drehungswinkel den wahren um den der Drehungsseite entsprechenden Werth jener Ausdehnung, wenn die Mire ursprünglich ihr Bild auf dem hinteren Netzhautende der Gesichtsachse entworfen hatte. Die Bewegung des Auges nämlich findet ihr Hinderniss. Die Mire kann aber um so viel weiter verschoben werden, als die Grenze der grössten Deutlichkeit nach der Seite der Bewegungsrichtung beträgt.

§. 487. Die Ausmessung der Form und der Lage der für solche Bestimmungen zugänglichen Theile des Auges bildet die Grundlage vieler die Thätigkeiten betreffenden Schlüsse. Das Ophthalmometer von HELMHOLTZ[1] lässt sich in dieser Hinsicht am vielseitigsten verwenden und ist auch schon von HELMHOLTZ, KNAPP und DONDERS auf das Mannichfachste gebraucht worden. Die Vorrichtung stützt sich im Wesentlichen auf dieselbe optische Grundlage, wie die von DOLLOND zuerst angegebene Einrichtung des Heliometers der Astronomen. Zwei gleich dicke, aus einem Stücke geschnittene planparallele Glasplatten mit übereinstimmendem Ablenkungscoëfficienten können gleichzeitig um denselben genau zu messenden Winkel aus ihrer auf der Achse des Beobachtungsfernrohres senkrechten Ebene nach entgegengesetzten Seiten gedreht werden. Diese Ortsveränderung gibt zwei Bilder statt des einfachen, welches bei der auf der Fernrohrachse senkrechten Stellung der beiden Platten gesehen wird. Die Entfernung der zwei Bilder wächst mit dem Drehungswinkel der Platten. Man kann die Länge einer Linie am einfachsten finden, wenn man die Platten nur um so viel dreht, dass sich die einander zugewandten Enden der zwei Bilder eben berühren, die Verschiebung also der Hälfte der Linie jederseits gleicht. Der durch Vorversuche bekannte Brechungscoëfficient der Platten lässt den Ablenkungswinkel aus dem durch die Plattendrehung bekannten Einfallswinkel nach dem Snell'schen Brechungsgesetze finden. Die Entfernung zweier Punkte aber, deren Bilder

[1]) Siehe die Beschreibung und Abbildung desselben in HELMHOLTZ physiologischer Optik (Karsten's Encyklopädie) S. 8—10. Taf. II. Fig. 1. 2. Vgl. auch MEYERSTEIN in Henle und Pfeufer's Zeitschrift. Dritte Reihe. Bd. XI. 1861. 8. S. 185—192.

man in dem Ophthalmometer bis zur gegenseitigen Berührung eingestellt hat, gleicht der doppelten Plattendicke vervielfältigt durch den Unterschied des Sinus des Einfalls- und des Brechungswinkels und getheilt durch den Cosinus des letzteren. Da dieser Abstand der Doppelbilder von der Entfernung des Gegenstandes von den Platten unabhängig ist, so fällt auf diese Art ein Werth aus der Rechnung fort, der sich oft nicht ohne verhältnissmässig bedeutende Fehlergrössen bestimmen liesse. Beobachtet man Spiegelbilder, welche die Hornhaut oder die Krystalllinse entwerfen, so wechseln diese zwar mit der Unruhe des Kopfes. Die gegenseitige Stellung der Doppelbilder erleidet aber hierdurch keine Veränderung, so lange die Grösse der ursprünglichen Bilder die gleiche bleibt.

§. 488. Der Krümmungshalbmesser einer Curve in einem gegebenen Punkte ist der Radius desjenigen Kreises, der sie in jenem Punkte berührt und sich ihr zugleich hier so anschmiegt, dass kein zweiter Kreis zwischen ihm und der Curve an diesem Punkte gelegt werden kann. Dieses setzt, wie man sich ausdrückt, mindestens eine Berührung zweiter Ordnung voraus d. h. die Curve und der Kreis haben nicht nur dieselbe Abscisse und Ordinate in dem gegebenen Punkte, wie dieses für den gegenseitigen Durchschnitt beider krummen Linien ebenfalls der Fall wäre, sie besitzen nicht bloss denselben Werth des ersten Differentialcoëfficienten, wie bei der Tangenberührung, sondern auch den gleichen für den Differentialcoëfficienten zweiter Ordnung. Noch innigere Berührungen oder solche dritter Ordnung würden entstehen, wenn auch der dritte Differentialcoëfficient für beide Curven übereinstimmte. Ist die Gleichung der Curve bekannt, so findet man den einem bestimmten Punkte entsprechenden Krümmungshalbmesser bei der Berührung zweiter Ordnung, die sie gewöhnlich voraussetzt, wenn man die dritte Potenz des Bogenelementes in dem gegebenen Punkte durch das Product des ersten Differentials der Abscisse und des zweiten der Ordinate theilt.

§. 489. Eine der einfachsten Anwendungen des Ophthalmometers besteht in der Bestimmung des Krümmungshalbmessers eines Punktes der Hornhaut. Die Berechnung wird hier nach den Formeln, die für convexe sphärische Spiegel gelten, vorgenommen. Ist die lineare Ausdehnung des Spiegelbildes klein im Verhältniss zur Grösse des gesuchten (bei Convexspiegeln immer negativ zu nehmenden) Krümmungshalbmessers, so gleicht dieser der doppelten linearen Grösse des Spiegelbildes vervielfältigt durch den Abstand des gespiegelten Gegenstandes von der Oberfläche

der Hornhaut und getheilt durch die Summe der linearen Ausdehnung des Objectes und der des Bildes oder jenes allein, wenn man die zweite Grösse ihrer Kleinheit wegen gegenüber der ersteren vernachlässigen kann[1]). Schon HELMHOLTZ[2]) fand eine Schwankung von 7,3 bis 8,2 Millimeter für den Krümmungshalbmesser des Scheitelpunktes der Hornhaut, als er drei Frauen von 25 bis 30 Jahren untersuchte. Die ausgedehnten Beobachtungen von KNAPP[3]), in denen die Krümmungshalbmesser für je drei Punkte eines senkrechten und je drei eines wagerechten Hornhautmeridianes ermittelt wurden, machen die Ungleichheiten nach verschiedenen Richtungen desselben und den gleichen Richtungen verschiedener Augen noch anschaulicher. Die einzelnen durch den centralen Hornhautscheitel gelegten Meridiane bilden hiernach annähernd symmetrische fast vollständig mit Ellipsen übereinstimmende Curven. Die Excentricitäten der verschiedenen Ellipsen weichen aber unter einander beträchtlich ab.

§. 490. Während auf diese Weise die Einzelnheiten bedeutende Unterschiede darbieten, fallen nach DONDERS[4]) die Mittelwerthe einer grossen Anzahl von Messungen verschiedener Augen so ziemlich gleich unter den mannichfachsten Verhältnissen aus. Dieser Forscher nennt ein Auge emmetropisch, wenn der hintere Brennpunkt des ganzen dioptrischen Systemes desselben im Ruhezustande der Anpassung (oder bei parallelen Strahlen) gerade in die Netzhaut fällt und ametropisch, wenn dieses nicht Statt findet. Befindet sich jener Brennpunkt vor der Netzhaut, so hat man die Kurzsichtigkeit oder die Myopie. Divergente Strahlen gehen dann durch die Netzhaut. Die Hypermetropie entspricht dem Falle, in dem er hinter der Netzhaut liegt, diese also von convergenten Strahlen durchsetzt wird. Die Durchschnittswerthe des Krümmungshalbmessers der Hornhaut im Scheitel gaben für Augen von Männern 7,79 Mm. und für die von Frauen 7,72 Mm. bei Emmetropie.

[1]) Siehe z. B. G. S. KLÜGEL, Analytische Dioptrik. Leipzig 1778. 4. S. 94. und 95., wo der obige Ausdruck durch Elimination von $\frac{1}{\alpha}$ aus der Gleichung $\frac{1}{\alpha} + \frac{1}{a} = -\frac{2}{f}$ und $b = -\frac{\alpha Z}{a}$ herauskommt.

[2]) HELMHOLTZ, Physiologische Optik. S. 11.

[3]) J. H. KNAPP, Die Krümmung der Hornhaut des menschlichen Auges. Heidelberg 1860. 8.

[4]) DONDERS in Pogg. Ann. Bd. CXX. 1863. S. 455.

7,874 und 7,867 bei Myopie und 7,96 und 7,77 Mm. bei Hypermetropie. Diese Grössen nehmen für beide Geschlechter im Laufe der Jahre ab. Der bedeutendste Unterschied betrug aber nur 0,13 Mm. in Männern und 0,12 Mm. in Frauen, wenn man selbst die Extreme, ein Alter unter 20 und das über 60 Jahren mit einander verglich.

§. 491. Man sieht unter gewöhnlichen Verhältnissen die Regenbogenhaut durch das convex concave Linsensystem der Hornhaut und der wässrigen Feuchtigkeit. Die Iris erscheint daher gewölbter und der Hornhaut näher, als dieses in der That der Fall ist. Da die Hauptbrechung an dem Uebergange der Lichtstrahlen aus der Luft in die äussere convexe Hornhautfläche erfolgt, so suchte CZERMAK diesen Umstand durch sein Orthoskop zum grössten Theile zu beseitigen. Dieses besteht aus einem passend geformten z. Th. mit Glaswänden versehenen Kästchen, das an die Augengegend gedrückt wird, nachdem die entsprechenden Hautstellen mit einem die Lücken verstopfenden Klebemittel bestrichen worden. Man lässt das Auge schliessen, und füllt das Kästchen mit Wasser von 30° bis 33° C. Oeffnet nun der Mensch die Augenlider, so bildet die sich der Hornhaut anschmiegende planconcave Wasserlinse einen Körper, dessen Brechungscoëfficient nur wenig von dem der Hornhaut abweicht. Da man jetzt die Regenbogenhaut durch ein plan concaves Linsensystem, dessen Brechungsindex so ziemlich überall der gleiche ist, sieht, so erscheint sie auch weiter nach hinten gerückt und ebener. Der Erfolg muss noch besser ausfallen, wenn man eine durchsichtige Flüssigkeit von dem gleichen Ablenkungsverhältnisse, wie das der Hornhaut ist, statt des reinen Wassers nimmt.

§. 492. Feinere hierher gehörende Untersuchungen lassen sich mittelst der Spiegelungsmethoden und der geeigneten Benutzung des Ophthalmometers anstellen, wie dieses schon von HELMHOLTZ[1]) geschehen ist. Man kann hierbei die Prüfungen nach dreierlei Richtungen durchführen. Ophthalmometrische Beobachtungen lehren, dass die Regenbogenhaut der Vorderfläche der Linsenkapsel in dem gesunden Auge unmittelbar anliegt, die hintere Augenkammer also in diesem Bezirke mangelt. Krankhafte Abweichungen hiervon werden auf demselben Wege erkannt. Man ist ferner im Stande, die wirkliche Entfernung der Pupillenebene von dem Hornhautscheitel und endlich

[1]) HELMHOLTZ, Physiologische Optik S. 15—18.

die Grösse zu finden, um welche der Mittelpunkt des Sehloches im Vergleich zur Achse der Hornhaut und zwar in der Regel nach der Nasenseite hin verrückt ist. Man vermag endlich auch annäherungsweise zu bestimmen, um wie viel der Pupillarrand der Regenbogenhaut bei dem Nahesehen vorgeschoben wird [1]).

§. 493. Der Purkinje-Sanson'sche Versuch gibt die Mittel, die Krümmungshalbmesser bestimmter Punkte der Vorder- und der Hinterfläche der Krystalllinse zu berechnen. Lässt man ein helles Bild seitlich auf ein Auge fallen, das sich in einem sonst dunkeln Raume befindet, und beobachtet dasselbe von der Seite so, dass die zurückgeworfenen Strahlen erkannt werden, so sieht man drei Bilder, ein lichtstarkes aufrechtes, das von der Hornhaut stammt und sich bei mehrfacher Spiegelung der Flächen oder der Schichten vervielfältigen kann, ein zweites ebenfalls aufrechtes matteres und unbestimmteres, das von der convexen Vorderfläche der Linse herrührt und ein schärferes umgekehrtes, das von der concaven Hinterfläche der Linse entworfen wird [2]). Das erste (aufrechte) Linsenbild erscheint viel weiter hinter der Ebene des Sehloches, als das zweite (umgekehrte). Da die Verwaschenheit dieser Bilder die unmittelbare Messung derselben unsicher macht, so richtete HELMHOLTZ [3]) die Reflexe so ein, dass z. B. das erste Linsenbild die gleiche Grösse, wie das leicht zu bestimmende Hornhautbild besass. Eine Reihe vergleichender Messungen der Krümmungen der Linsenflächen bei verschiedenen Menschen und in verschiedenen Zuständen ist, wie wir später sehen werden, von KNAPP mit dem Ophthalmometer durchgeführt worden.

§. 494. Diese Vorrichtung kann noch zu dem Nachweise dienen, dass die Brechungskörper des menschlichen Auges nicht centrirt sind d. h. dass die optischen Mittelpunkte derselben in keiner geraden Linie, nicht in der optischen Achse des Systemes liegen. HELMHOLTZ [4]) wählte zu diesem Zwecke ein Spiegelungsverfahren, das über die Symmetrie bei etwaiger Centrirung und über den Grad der Asymmetrie bei Mangel derselben Aufschluss gab. Er liess eine seitlich aufgestellte Flamme in dem Auge so spiegeln, dass der Beobachter, dessen Auge von der Mittelebene eben so weit

---

1) HELMHOLTZ, Physiologische Optik, S. 103. 104. 112. 113.
2) Siehe z. B. Die Abbildung bei HELMHOLTZ, Ebendaselbst S. 105. Fig. 55.
3) HELMHOLTZ, Ebendaselbst S. 113.
4) HELMHOLTZ, Ebendaselbst S. 86. 87.

als an der anderen Seite die Lichtquelle entfernt war, das Bild der vorderen Linsenfläche zwischen dem der Hornhaut und dem der hinteren Linsenfläche sah. Das untersuchte Auge fixirte indessen einen gegebenen Punkt seitlich von der Mittelebene. Wären nun die Augenlinsen centrirt, so hätte man bei passendem Fixationspunkte des beobachteten Auges die oben angegebene gegenseitige Stellung der drei Spiegelbilder wiederfinden müssen, wenn man die Orte der Flamme und des Auges des Beobachters vertauschte. Keines der von HELMHOLTZ untersuchten Augen gehorchte dieser Forderung. Man musste erst den Fixationspunkt des geprüften Auges ändern, um jene Stellung wieder zu erhalten. Die Gesichtslinie lag immer auf der Nasenseite. Sie wich um 3° 47′ bis 5° 43′ in den drei §. 489. erwähnten Augen ab, wenn die Beleuchtung von der Nasenseite und um 4° 57′ bis 7° 44′, wenn sie von der Schläfenseite kam.

Der Umstand, dass eine scharfe Centrirung unserem Gesichtswerkzeuge mangelt, wird gewöhnlich als einer der Beweise angesehen, dass unsere Teleskope und Mikroskope weit genauer, als unser Auge zusammengesetzt sind. Man glaubt dabei, dass diese vollkommen centrirt wären. Wer sich mit diesem Gegenstande beschäftigt hat, weiss aber, dass ein geschickter Optiker sehr aplanatische Linsen oder solche, welche eine möglichst kleine Abweichung wegen der Kugelgestalt darbieten, und sehr achromatische oder möglichst wenig Farben gebende liefern, dagegen keine vollkommene Centrirung, wenn auch nur annähernd herstellen kann.

§. 495. Die verschiedenen zu augenärztlichen Zwecken gewählten Leseproben, wie die von JAEGER oder die von SNELLEN, die Reflexionsbilder kleiner, auf schwarzem Grunde z. B. von Sammet befindlicher Quecksilberkugeln, feine Metalldräthe oder andere Fäden dienen häufig dem Augenarzte, den Abstand, in dem das Auge einen Gegenstand deutlich erkennt, die sogenannte Sehweite zu bestimmen. Eine kleine vollkommen runde Oeffnung in einem dunkeln Schirme dürfte sich hierzu trotz der etwa eingreifenden Irradiation mehr eignen. Die Schärfe oder die Verwaschenheit des Randes lässt sich dann genauer beurtheilen, als die Bildschärfe der oben erwähnten Prüfungsgegenstände. Wir werden sehen, dass man noch besser zum Ziele gelangt, wenn man die Oeffnung mit passend gefärbten Glase deckt und das Auftreten anders gefärbter Zerstreuungskreise als Erkenntnissmittel wählt.

§. 496. Die Einschaltung von Linsengläsern, deren optische Constanten (§. 6.) man kennt, eignet sich ebenfalls, die Sehweite zu bestimmen. Jene beständigen Grössen derselben sind die Krümmungshalbmesser der beiden Oberflächen, die Dicke und das Brechungsverhältniss der Linse. Diese Werthe gestatten die Berechnung der optisch ausgezeichneten Punkte und Ebenen. Hierher gehören die Hauptbrennpunkte an beiden Seiten oder die Vereinigungsweiten parallel einfallender Strahlen, die Hauptpunkte und die durch sie senkrecht zur Linsenachse gelegten Hauptebenen oder diejenigen Ebenen, deren Bilder gleich gross und gleich gerichtet sind, endlich die zwei Knotenpunkte oder diejenigen Punkte der Achsenlinie, welche die Eigenschaft besitzen, dass ein durch den ersten Punkt vor der Brechung gehender Strahl den zweiten in einer dem ersten parallelen Richtung nach der Brechung durchsetzt. Gauss zeigte zuerst, dass die Kenntniss dieser Elemente, abgesehen von der sphärischen und der chromatischen Abweichung, also für centrale Strahlen angeben lässt, wo sich das Bild eines in einer bestimmten Entfernung befindlichen Gegenstandes am deutlichsten zeigt [1]).

Annähernde Berechnungen brauchen die Dicke eben so wenig, als die sphärische und die chromatische Abweichung der Linse zu berücksichtigen. Die Rechnung wird hierdurch in hohem Grade vereinfacht. Man kann dann die Lage des einem gegebenen Leuchtpunkte entsprechenden Bildpunktes oder des wechselseitigen Brennpunktes aus den Krümmungshalbmessern, dem Brechungscoëfficienten und der Entfernung des Gegenstandes oder noch kürzer aus dieser und dem Hauptbrennpunkte berechnen. Diese annähernde Bestimmung [2]) reicht für die gewöhnlichen Zwecke des Arztes vollkommen aus.

Man erkennt denjenigen Punkt am deutlichsten, dessen wechselseitiger Brennpunkt auf die Netzhaut fällt. Ein jeder in endlicher Entfernung befindliche Leuchtpunkt entlässt divergente Strahlen, deren Ausflusswinkel sich mit dem Abstande verkleinert. Wird zuletzt der Winkel so klein, dass man ihn ohne merklichen Fehler der

[1]) Eine übersichtliche Darstellung dieser von Listing zuerst auf die Physiologie des Auges übertragenen mathematischen Herleitung findet sich bei Ad. Fick, Die medicinische Physik. Braunschweig 1858. 8. S. 232—258.

[2]) Die einfachsten hierhergehörenden Formeln finden sich in jedem Lehrbuche der Physik. Ausführlicheres siehe z. B. in G. S. Klügel, Analytische Dioptrik. Leipzig 1778. 4. S. 6—13. J. C. E. Schmidt, Lehrbuch der analytischen Optik. Herausgegeben von C. W. B. Goldschmidt. Göttingen 1834. 8. S. 368—393. Fick a. a. O. S. 226—234. und 301—306.

Null gleichsetzen kann, so erhält man parallele Strahlen. Da diese in der Wirklichkeit nie vorhanden sind, so hängt immer die Entfernung des Leuchtpunktes, in der man sie auftreten lässt, von einer willkürlichen Annahme ab.

Das fernsichtige und das kurzsichtige Auge hat einen Vereinigungspunkt auf der Netzhaut für divergente Strahlen mit kleinerem oder grösserem Ausflusswinkel. Da aber der Brennpunkt des überfernsichtigen oder hypermetropischen Auges (§. 490.) für parallele oder divergente Strahlen hinter der Netzhaut und nur für convergente auf ihr liegt, diese aber ursprünglich von keinem Naturgegenstande ausgehen, so kann ein solches Auge die Bildpunkte erst deutlich sehen, wenn man zwischen ihm und dem Gegenstande eine Linse einschaltet, welche die Strahlen convergent zur Hornhaut gelangen lässt. Man wird also zunächst Sammellinsen zu diesem Zwecke benutzen. Der Abstand derselben vom Auge ändert sich mit der Entfernung des Leuchtpunktes. Versuche, in denen man diese wechseln lässt, geben die Zahlenwerthe, aus denen man bestimmen kann, wie weit der Brennpunkt hinter der Netzhaut liegt. Man stellt sich hierbei am einfachsten die Gesammtsumme der Brechungskörper des Auges als eine einzige Linse vor. Der Grad der Hypermetropie wird auf diese Weise gemessen.

Derselbe Grundsatz lässt sich für die Bestimmung des Fern- und des Nahepunktes eines beliebigen Auges anwenden. Eine Reihe von Versuchen zeigt, bei welchen Abständen der Linse Leuchtpunkte verschiedener Distanzen deutlich erscheinen. Man kann dann berechnen, bei welcher Entfernung das Bild die Netzhaut ohne den Gebrauch der Linse treffen würde. Die Grenze der Sehweite lässt sich mit DONDERS durch die Brennweite einer Linse ausdrücken, durch welche ein im Nahepunkte gelegener Gegenstand sein Bild im Fernpunkte entwerfen würde. Diese Linsenoptometer [1]) gestatten jedoch nur annähernde Bestimmungen, wenn man, wie gewöhnlich, die sphärische und die chromatische Abweichung nicht berücksichtigt. Es frägt sich überdiess, ob sich das Auge bei dem Sehen durch Linsen in derselben Breite anpasst, als ohne dieselben.

§. 497. Alle diese Mittel haben den Nachtheil, dass das Ergebniss von den Aussagen des untersuchten Menschen abhängt. Irrungen und Widersprüche können daher auch bei der sorgfältigsten

1) BUROW, Archiv für Ophthalmologie. Bd. IX. 1863. S. 228—231.

Ausführung irgend eines Prüfungsverfahrens vorkommen. Der Gebrauch des **Augenspiegels** befreit von diesem Uebelstande. Ein binoculärer, wie er von NACHET nach der Idee von GIROD-TEULON geliefert wird, lässt sich zwar etwas schwerer als der gewöhnliche monoculare handhaben. Er macht aber die Bilder plastischer, gibt die Perspective deutlicher, vergrössert den Gesichtskreis und zeigt manche Einzelnheiten bei ungünstigem Lichte besser. Die von LAURENCE vorgeschlagene Abänderung mit vier Spiegeln und die von CARTER mit vier Prismen dürfte den Verlust an Lichtstärke und an Leichtigkeit des Gebrauches gegen sich haben.

Die Untersuchung der Netzhaut bei hellerer oder schwächerer Beleuchtung zeigt eine von COCCIUS zuerst bemerkte und von DONDERS richtig gedeutete querovale Reflexstelle im Bereiche des gelben Fleckes. Sie entspricht dem Orte des directen Sehens. Man bemerkt in dieser Gegend das umgekehrte Netzhautbild eines feineren Gegenstandes z. B. eines Fadennetzes, das der Beobachter sieht. Der Reflex wandert aber, wenn man das untersuchte Auge je andere Punkte des Netzes fixiren lässt[1]). Der Untersuchende kann hiernach unmittelbar dem Sehenden angeben, welche Stelle dieser im Augenblicke am genauesten betrachtet. Solche Fäden oder die Linien des an dem Donders-Epken'schen Augenspiegel angebrachten Mikrometers eignen sich am besten, die Sehweite des untersuchten Auges zu bestimmen. Das Fadenbild erscheint scharf, so lange der Mensch die Linien genau erkennt. Es wird dagegen diesseit und jenseit der Grenzen der Sehweite um so verwaschener, je undeutlicher es dem sehenden Auge vorkommt. DONDERS[2]) bemerkte noch durch dieses Untersuchungsverfahren, dass bei höheren Graden von Kurzsichtigkeit der Fehler im Gebiete des gelben Fleckes oder des directen Sehens grösser, als in dem des indirecten ausfällt.

§. 498. Mehrere Umstände können es bedingen, dass das Auge scheinbar gleich gut in verschiedene Fernen sieht, ohne das Anpassungsvermögen zu Hilfe zu ziehen, dass es also eine gewisse **Accommodationslinie** darbietet. Der Unterschied der Abstände zweier wechselseitigen Brennpunkte fällt im Allgemeinen um so kleiner aus, je entfernter die Leuchtpunkte liegen. Es ist daher für ein fernsichtiges Auge gleichgültig, ob sich der Gegenstand in unendlicher Ferne befindet oder nur eine grössere Anzahl von Metern

[1]) Siehe das Nähere bei HELMHOLTZ a. a. O. S. 188. Vgl. auch S. 65. 66.

[2]) DONDERS, Poggendorff's Annalen. Bd. CXX. 1863. S. S. 457.

vom Auge absteht. Lässt man die Farbenverhältnisse unberücksichtigt, so rührt der Mangel an Deutlichkeit davon her, dass der wechselseitige Brennpunkt vor oder hinter die Netzhaut fällt, man also demgemäss hintere oder vordere Zerstreuungskreise auf der Netzhaut selbst hat. Die Feinheit, mit der sich die verschiedenen Augen durch solche Zerstreuungskreise stören lassen, wechselt aber in hohem Grade. Ein in dieser Hinsicht stumpferes Gesichtswerkzeug lässt desshalb eine entsprechende Accommodationslinie offen. Da endlich die Netzhaut eine gewisse Dicke, selbst an der Verdünnungsstelle des Centralloches besitzt, so frägt es sich, ob nicht der Ort des Bildes innerhalb bestimmter Grenzen dieser Dicke schwanken kann, ohne desshalb an Deutlichkeit einzubüssen.

§. 499. Die Optometrie beschäftigt sich mit der Ermittelung der Grenzen der Sehweite des Auges. Sie setzt also die grösstmögliche Thätigkeit des Anpassungsvermögens voraus und bestimmt die beiden äussersten Leistungen desselben durch die Lagen des Nahe- und des Fernpunktes. Alle oben erwähnten Verfahrungsarten, die unmittelbaren Sehproben, die Einschaltung von Linsen und die ophthalmoskopische Untersuchung können auch hier dienen. Der blosse Anblick von Buchstaben, Drähten oder kleinen Spiegelbildern liefert immer Ergebnisse, die mit bedeutenden Fehlerquellen behaftet sind.

§. 500. Die Grösse dieser Gegenstände muss in nahezu geradem Verhältnisse der Entfernung wechseln, wenn man sich vor irrigen Bestimmungen bewahren will. Das Auge kann sie oft noch diesseit des Nahepunktes und jenseit des Fernpunktes mit einem geringen Grade von Undeutlichkeit erkennen, der den Ungeübten täuscht. Dieser gibt daher zu ausgedehnte Grenzen seiner Sehweite an. Man darf überhaupt nicht glauben, dass sich der Nahe- und der Fernpunkt durch irgend ein Verfahren scharf ermitteln lässt. Eine gewisse Schwankungsbreite ist immer vorhanden, weil das Bild aus dem Zustande grösster Deutlichkeit in den der merklichen Undeutlichkeit allmählig und nicht sprungweise übergeht.

§. 501. Die Augenstellung scheint ihren Einfluss ebenfalls geltend machen zu können. Der Nahepunkt rückt z. B. nach H. Meyer dem Auge um einige Millimeter näher, wenn man dieses nach innen wendet, sich die Pupille verengert und das Bild an Schärfe gewinnt. Das Einträufeln von Flüssigkeiten, die Belladonna, Atropin oder Hyoscyamus enthalten, erweitert das Sehloch, lähmt zugleich den Anpassungsmechanismus und beengt daher die Weite

des deutlichen Sehens. Da die Lage des Brennpunktes bei Unterschieden geringer Entfernungen stärker, als bei denen grosser wechselt, so fällt es dann am meisten auf, dass der Nahepunkt weiter hinausgerückt ist.

§. 502. Der Scheiner'sche Versuch bildet die Grundlage der Optometer von PORTERFIELD, YOUNG, HOLKE, LEHOT und STAMPFER und der anderen Vorrichtungen, die mit einem undurchsichtigen und verschiebbaren, zwei Diopteröffnungen enthaltenden Schirme versehen sind. Die Durchsichtsöffnungen müssen so klein gemacht und so nahe zusammengestellt werden, dass der Gesammtdurchmesser von ihnen und dem Zwischenraume den des Sehloches des beobachtenden Auges nicht erreicht. Ein schmaler Gegenstand z. B. ein Haar, ein Faden, eine Nadel oder eine beleuchtete Diopterspalte erscheint dann einfach, wenn er sich innerhalb der Grenzen der Sehweite befindet und doppelt diesseit und jenseit derselben.

Der Gebrauch von mehr als zwei Oeffnungen kann noch zur Ermittelung einer anderen Eigenthümlichkeit dienen. Die Randstrahlen einer Glaslinse vereinigen sich früher als die centralen Strahlen. VOLKMANN[1]) gibt an, dass dieses nur für die Augen einzelner Menschen gilt, während in Anderen das Umgekehrte Statt findet. Der mit vier Oeffnungen angestellte Scheiner'sche Versuch dient hier als Prüfungsmittel.

§. 503. HELMHOLTZ[2]) lässt zu dem gleichen Zwecke das Licht des Himmels oder einer Kerze durch eine kleine runde Oeffnung eines dunkelen Schirmes fallen. Man sieht diese ziemlich scharf begrenzt, wenn das Auge entsprechend angepasst ist. Es wird dagegen ein fünf- bis sechsstrahliger Stern im entgegengesetzten Falle bemerkt. Schiebt man einen Schirm seitlich vor das Sehloch, so verdunkelt sich die Lichtfigur in allen ihren Theilen gleichzeitig oder in unregelmässiger Weise, wenn sie scharf gesehen wird, von der Seite dagegen, an welcher der Schirm vorgeschoben wird, wenn der Gegenstand jenseit des Fernpunktes und von der entgegengesetzten, wenn er diesseit des Nahepunktes liegt. Dieses Verfahren liefert nach HELMHOLTZ genauere Ergebnisse, vorzugsweise für die Bestimmung des Fernpunktes, als das Sehen durch zwei Oeffnungen.

---

[1]) VOLKMANN in R. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. Bd. III. Abth. I. Braunschweig 1846. 8. S. 291.

[2]) HELMHOLTZ, Physiologische Optik. S. 101.

§. 504. Man kann die helle Kammer von AMICI oder eine ähnliche Vorrichtung benutzen, um die Vergrösserung der Linsencombination eines Mikroskopes und die Sehweite bei dem mikroskopischen Sehen kennen zu lernen. Die Vergrösserung hängt von der Sehweite ab. Sie wird gewöhnlich für eine solche von 8 pariser Zollen oder 24 Centimetern von den Optikern bestimmt. Sie fällt aber in der Wirklichkeit für ein Auge, das die mikroskopischen Bilder näher auffasst, kleiner und für ein solches, das sie entfernter projicirt, grösser aus. Nimmt man ein Mikrometer als Untersuchungsgegenstand, setzt die helle Kammer auf und zeichnet die Entfernung zweier Mikrometerlinien auf dem Papiere mittelst derselben auf, so wechselt dieser scheinbare Abstand oder die Linearvergrösserung mit der Entfernung des Papieres von der Hornhaut. Man findet aber, dass die Spitze des Bleistiftes, welche die Mikrometerlinie zu decken scheint, nur bis zu einer gewissen kleinsten und anderseits bis zu einer grössten Entfernung scharf erkannt wird. Dieses gibt die Grenzen der Sehweite bei dem mikroskopischen Sehen und die entsprechenden Grenzen der Linearvergrösserungen derselben Linsencombination bei verschiedener Anpassung des gleichen Auges.

§. 505. Die §. 500. gemachte Bemerkung, dass eine genaue Bestimmung des Nahe- oder des Fernpunktes unmöglich ist, erklärt es, wesshalb alle erwähnten Untersuchungsmethoden ohne merkliche Störung in weissem Lichte benutzt werden. Da es aus einer unendlichen Menge gefärbter Strahlen mit den dem Sonnenspectrum entsprechenden Intensitätsgraden der einzelnen Farben besteht und diese sich durch ihre Ablenkungscoëfficienten von einander unterscheiden, so hat man einen besonderen Nahe- und einen besonderen Fernpunkt für jede Farbe[1]). Nur die Ungenauigkeit der gewöhnlichen Methoden verdeckt die Unterschiede. Man kann sich aber mehrerer Verfahrungsarten bedienen, um den Unterschied des Nahe- oder des Fernpunktes der am wenigsten brechbaren und der brechbarsten Strahlen, der rothen oder der violetten des gewöhnlichen Spectrums und, wenn es von Interesse ist, selbst der ultravioletten zu bestimmen. Diese Untersuchung gibt zugleich ein Maass der chromatischen Abweichung des Auges.

---

[1]) Ein Verfahren, zwei einander durchkreuzende Spectralbilder nach dem Vorgange von WOLLASTON für die Untersuchung dieser Aufgabe zu benutzen, beschreibt POPE, Arch. für Ophthalmologie. Bd. IX. 1863. S. 41—43.

§. 506. FRAUNHOFER hat schon ein hierher gehörendes Messungsverfahren angegeben. Man bringt z. B. den rothen Theil des Sonnenspectrums in das Gesichtsfeld eines Fernrohres und stellt das Ocular so ein, dass das Fadenkreuz desselben mit dem einen Auge eben so deutlich, als ein äusserer Gegenstand mit dem anderen gesehen wird. Dreht man hierauf das Spectrum oder das Fernrohr, so dass jetzt das Gesichtsfeld violett beleuchtet wird, so muss man das Ocular dem Fadenkreuze näher schieben, um dieses eben so deutlich als früher wahrzunehmen, weil die stärker brechbaren violetten Strahlen eine kürzere Brennweite, als die weniger brechbaren rothen haben. Kennt man die chromatische Abweichung der Ocularlinse, so lässt sich hieraus die Sehweite des Auges für die rothen oder die für die violetten Strahlen bestimmen. FRAUNHOFER fand z. B., dass ein für parallele Strahlen angepasstes Auge, welches C des Sonnenspectrums oder Rothorange deutlich sieht, G oder Blauviolett um 18 bis 24 Zoll näher haben muss, wenn es dasselbe mit der gleichen Schärfe sehen soll.

§. 507. Die mit einem Fernrohre und einem Fadenkreuze versehenen Spektroskope von BUNSEN und KIRCHHOFF oder von RUHMKORFF [1]) eigenen sich natürlich zu solchen Untersuchungen. Das ein Schwefelkohlenstoffprisma enthaltende, das ich zu physiologischen Zwecken anfertigen liess, kann hier sehr einfach zum Ziele führen. Es hat ein ausziehbares Spaltrohr, um Kurz- und Weitsichtigen zu dienen. Ist das Prisma auf den Winkel der kleinsten Ablenkung für B oder für Roth eingestellt und das Spaltrohr so weit ausgezogen, dass man B scharf und selbst noch feinere Spectrallinien in der Nachbarschaft bei sehr guter Beleuchtung sieht, so findet man, dass man die Stellung des Spaltrohres ändern muss, wenn man das Prisma unter dem Winkel der kleinsten Ablenkung für Blau oder Violett z. B. für H eingestellt hat. Das Einschieben desselben bringt nicht bloss die Hauptlinien und eine Reihe untergeordneter Linien zum Vorschein, sondern lässt auch einen breiteren Theil des violetten Spectrum erkennen, der bei der Einstellung des Ablenkungsminimum auf weniger brechbare Strahlen unsichtbar war.

§. 508. Der Unterschied verräth sich übrigens schon, wenn man eine Flamme durch ein rothes oder ein blauviolettes Glas betrachtet. Ich kann in dieser Hinsicht die zweifarbige, zu Polari-

[1]) Der Gebrauch des Spektroskopes zu physiologischen und ärztlichen Zwecken. Leipzig und Heidelberg 1863. 8. S. 22. Fig. 4. 5.

sationsuntersuchungen in rothem und blauem Lichte dienende Doppelplatte empfehlen. Man hat hier ein gutes Rubinglas neben einem tiefblauen bis blauvioletten und zwar von der Sorte, die zu Erythroskopen dient[1]). Hält man z. B. das blaue Glas in möglichster Augennähe, bei der man z. B. den dunkelen Theil einer Petroleumflamme in einem sonst verfinsterten Zimmer scharf sieht, so schwindet er fast gänzlich, so wie man das Rubinglas statt des blauen vorschiebt. Man muss jenes um eine bedeutende Strecke entfernen, um den dunkelen Flammenkern auch nur mit annähernd derselben Deutlichkeit wie früher wahrzunehmen. Der Unterschied fällt noch schärfer aus, wenn man eine Mikrometertheilung mit freiem Auge oder unter der Loupe betrachtet. Das genaue Bild einer kleinen in einem dunkelen Schirme angebrachten Diopteröffnung kann zu annähernden Bestimmungen hinreichen. Liess HELMHOLTZ[2]) rothes Spectrallicht durch eine solche Oeffnung fallen, so ergab sich für sein Auge eine ungefähre Sehweite von 8 Fuss. Violettes lieferte $1^1/_2$ Fuss und das brechbarste überviolette Sonnenlicht, das durch die Abblendung des übrigen Theiles des Spectrums sichtbar gemacht worden, nur einige Zolle.

§. 509. Ein anderes schon von HELMHOLTZ[3]) an violetten Gläsern geübtes Verfahren wird sich an dem oben erwähnten Kobaltglase der Doppelplatte, das ebenfalls rothe Strahlen ausser blauen durchlässt, ärztlich verwerthen lassen. Betrachtet man z. B. die Flamme einer Petroleumlampe durch die kleine von dem blauen Glase verdeckte Oeffnung eines Schirmes, so sieht man einen rothen bis rothweissen oder rothgelben Kreis, der von einem blauen Ringe oder Zerstreuungskreise umgeben wird. Der letztere verliert sich, die ganze Oeffnung erscheint gleichförmiger gefärbt, wenn man den Schirm dem Auge nähert. Kommt man noch näher, so erhält man einen blauen Kreis, der von einem stark rothen Ringe umgeben ist. Selbst Ungeübtere erkennen die Grenze des Aufhörens des blauen und des Anfanges des rothen Zerstreuungskreises mit ziemlicher Genauigkeit. Die Ausmessung fällt bestimmter aus, als bei der blossen Beurtheilung, ob der Rand einer weiss gesehenen Oeffnung scharf gesehen wird oder nicht.

---

1) Die optischen Charaktere, die über die Brauchbarkeit eines solchen Glases entscheiden, siehe: Der Gebrauch des Spektroskopes. S. 50 — 54.

2) HELMHOLTZ, Physiologische Optik. S. 126.

3) HELMHOLTZ, Ebendas. S. 128.

Der Abstand, in welchem der blaue Zerstreuungskreis aufhört, bis zu dem, an welchem der rothe beginnt, entspricht dem Fern- und dem Nahepunkt, innerhalb dessen Roth und Violett gleichgrosse Zerstreuungskreise geben. Die rothe Mitte mit blauem Rande, die man jenseit des Fernpunktes hat, gehört zu dem Falle, dass die Anpassungsfähigkeit des Auges kürzere Entfernungen fordert, das Bild des gefärbten Glases also vor der Netzhaut liegt, diese mithin von den schon in den Brennpunkten beider Farben durchkreuzten Strahlen getroffen wird und daher die blauen Zerstreuungskreise grösser als die rothen ausfallen. Die diesseit des Nahepunktes erscheinende blaue Scheibe mit rothem Rande erklärt sich aus den entgegengesetzten Beziehungen.

§. 510. Das Ophthalmometer macht es möglich, die inneren Veränderungen des Auges während der Anpassung zu messen. Das Hornhautbild bleibt bei der Fixation eines möglichst nahen und eines möglichst fernen, noch scharf gesehenen Punktes gleich. Die Form des Convexspiegels der Hornhaut erleidet also keine Veränderung. Eine solche verräth sich aber für die beiden Linsenflächen, vorzugsweise für die vordere. Man beobachtet nach HELMHOLTZ [1]) am sichersten, wenn man den Purkinje-Sanson'schen Versuch (§. 493.) so anstellt, dass das Licht durch einen Schirm tritt, der mit zwei, senkrecht über einander stehenden Oeffnungen versehen ist, man also getrennte über einander gelagerte Doppelbilder der Spiegelung der Hornhaut und der beiden Linsenflächen erhält [2]). Passt sich das Auge für die Nähe an, so bleiben wiederum die Hornhautbilder in Form, Grösse und Lage unverändert. Die ersten von der convexen Linsenfläche dagegen herrührenden Linsenbilder verkleinern sich und rücken einander näher. Diese Grössenabnahme ist viel zu bedeutend, als dass sie nur von einer Ortsveränderung der Linse nach vorn herrühren könnte. Sie stammt vielmehr gänzlich oder unzweifelhaft zum grössten Theile von einer Abnahme des Krümmungshalbmessers oder einer stärkeren Wölbung der vorderen Linsenfläche. Der scheinbare und der wirkliche Ort des zweiten Doppelbildes der Linse, das von der hinteren Linsenfläche erzeugt wird, ändert sich nicht merklich. Die Wölbung vergrössert sich dagegen ebenfalls bei dem Nahesehen, jedoch in weit geringerem

[1]) HELMHOLTZ, a. a. O. S. 105.

[2]) Siehe die Abbildungen bei HELMHOLTZ, a. a. O. S. 105. Fig. 56.

Maasse als die der Vorderfläche[1]). HELMHOLTZ[2]) z. B. gibt an, dass für ein mit willkürlich angenommenen, wahrscheinlichen Werthen der Durchmesser und der Brechungscoëfficienten ausgestattetes oder ein sogenanntes schematisches Auge der Krümmungshalbmesser im Scheitel der vorderen Linsenfläche 10 Millimeter bei dem Sehen in die Ferne und 6 Mm. bei dem in die Nähe beträgt. Er entspricht dagegen in beiden Fällen nur 6,0 und 5,5 Mm. für die hintere Linsenfläche. KNAPP[3]) hat solche Messungen, die er an vier Augen durchführte, benutzt, um die Cramer-Helmholtz'sche Darstellung der Mechanik der Anpassung zu prüfen. Die Ergebnisse fielen zum grössten Theile bestätigend aus.

§. 511. Man hat häufig gestritten, ob die Linse allein die Anpassung bewirkt oder nicht. Fehlte das Accommodationsvermögen bei Aphakie oder in Augen, deren Linse durch eine Staaroperation entfernt worden oder sonst nicht hinter der Pupille liegt, so müsste die Frage bejahend entschieden werden. DONDERS[4]) gibt noch in neuester Zeit an, dass die Anpassung mit dem Verluste der Linse vollständig aufhöre.

§. 512. Die Zeit, die das Auge braucht, um von der Accommodation für eine bestimmte Ferne zu der für eine andere überzugehen, kann auf zweierlei Arten gemessen werden. Man bedient sich des Chronoskopes, wie dieses VIERORDT gethan, oder des Aufschreibens einer Curve, wie es von AEBY geschehen ist. Die Scheibe oder der Cylinder des Fig. 8. S. 86 abgebildeten Uhrwerkes oder eines gewöhnlichen Kymographions kann zu diesem Zwecke gebraucht werden. Da es sich höchstens um die sichere Ermittelung von Zehntheilen einer Secunde handelt, so hat man keine grossen Umdrehungsgeschwindigkeiten nöthig.

§. 513. Ophthalmometrische Messungen können bestimmen lassen, um welche Grösse der das Sehloch umgebende Theil der Regenbogenhaut bei dem Nahesehen nach vorn rückt. Die scheinbare Aenderung des Pupillendurchmessers wird auf die §. 409. erwähnte Art gefunden.

§. 514. Da die Krümmungen der brechenden Flächen der Augenlinsen weder sphärisch noch selbst überall gleichartig sind, so kann

---

1) Vgl. HELMHOLTZ, a. a. O. Taf. I. Fig. 3.

2) HELMHOLTZ, Ebendas. S. 111.

3) KNAPP, in Graefe's Archiv für Ophthalmologie. Bd. VI. 1860. S. 1—52.

4) DONDERS, Pogg. Ann. Bd. CXX. 1863. S. 460.

sich ein von einem Punkte ausgehendes oder ein homocentrisches Strahlenbündel nicht wieder genau in einem Punkte vereinigen. Man hat diese Erscheinung mit dem Namen des unregelmässigen Astigmatismus belegt, weil sich die Unterschiede nach keinen bestimmt angebbaren Normen von Ort zu Ort ändern. Der regelmässige Astigmatismus dagegen besteht darin, dass die Abstände des Nahe- und des Fernpunktes mit den Meridianen des Auges wechseln[1]. Man findet z. B. in der Mehrzahl der Fälle, dass eine quere gerade Linie erst in grösserer Nähe deutlich gesehen wird, als eine senkrechte, dass also das Auge in dem senkrechten Meridiane fernsichtiger, als in dem wagerechten ist. Zeichnet man eine Anzahl sternförmig gestellter Linien, die sich in einem Punkte schneiden, so kann man die Ungleichheit der Sehweiten mit dem Wechsel der Meridiane bald erkennen. Der grösste Unterschied fällt in der Regel in den wagerechten und den senkrechten oder die Nachbarschaft derselben. Zöllner benutzte dieses, um zugleich die chromatische Abweichung des Auges anschaulich zu machen. Hat man ein schwarzes senkrechtes und wagerechtes Liniensystem auf rothem und ein anderes auf blauem Grunde, so kann diejenige Richtung des Auges, die stärker bricht, compensirend für die rothe Zeichnung wirken. Da diese Art von Astigmatismus von der Verschiedenheit der Krümmungen der einzelnen Brechungskörper des Auges nach den mannichfachen Richtungen herrührt, so folgt, dass die Gesammtresultante derselben einer Krümmung mit kleinerem Krümmungshalbmesser in dem wagerechten, als in dem senkrechten Durchmesser zu entsprechen pflegt. Die Form, wie sich die Eintrittsstelle des Sehnerven in dem aufrechten oder dem umgekehrten ophthalmoskopischen Bilde zeigt, kann schon nach Schweigger die Hauptmeridiane des Astigmatismus erkennen lassen.

§. 515. Denkt man sich einen Glascylinder mit seiner Achse wagerecht vor das Auge gestellt, so gibt der senkrechte Durchschnitt einen Kreis, der wagerechte dagegen ein Viereck mit parallelen Seiten. Ein solches Glas kann daher die Fernsichtigkeit des senkrechten Meridianes aufheben, indem es in dieser Richtung, wie eine sphärische Linse wirkt. Es lässt dagegen den wagerechten Meridian ungestört, weil es hier wie ein planplanes Glas thätig ist. Der Cylinder bildet nur einen einzelnen Fall der Formen überhaupt, deren Durchschnitte verschiedene Krümmungen nach verschiedenen

---

[1] Vgl. Donders, Ebendas. S. 485—489.

Richtungen geben. Man bedient sich der Cylinderlinsen, um die Art und die Grösse des regelmässigen Astigmatismus zu erkennen und cylindrischer Brillengläser, um die Nachtheile desselben zu beseitigen [1]). Convex- oder Concavgläser, die man schief neigt, können den Fehler, der in einer Richtung zum Vorschein kommt, ebenfalls verbessern. Die nöthige Grösse der Schiefstellung eines Glases von bekanntem Krümmungshalbmesser lässt sich daher auch für ungefähre Bestimmungen der Stärke der Gesichtsstörung benutzen.

§. 516. Das Ophthalmometer, wie es von KNAPP [2]) und DONDERS benutzt wurde, weist die einzelnen Ursachen, deren Resultante der Astigmatismus bildet, genauer nach. Man kann durch dasselbe erkennen, wie sich die Krümmungen der Hornhaut und der Linse nach den verschiedenen Meridianen gestalten, ob die Linse gerade oder schief steht, wie weit der Mangel der Centrirung und der Formensymmetrie der Brechungskörper des Auges reicht und wie sehr die Gesichtsachse von der Augenachse oder einer anzunehmenden optischen Achse des Auges abweicht. Die Kenntniss dieser Werthe lässt beurtheilen, ob alle Brechungskörper in demselben Sinne für die Erzeugung des Astigmatismus wirken oder ob sie eine kleinere Gesammtresultante durch positive und negative Einflüsse der Einzelnen herbeiführen.

§. 517. DONDERS [3]) fand bei seinen ophthalmometrischen Bestimmungen, dass eine Asymmetrie der Hornhaut von einer solchen der Krystalllinse begleitet zu sein pflegt, jene aber grösser, als diese ausfällt. Das Krümmungsminimum nähert sich meist (nach KNAPP unter 16 Fällen 15 Mal) in der Hornhaut dem senkrechten und in der Linse dem wagerechten Meridiane, ohne dass jedoch beide Richtungen genau rechtwinkelig auf einander stehen. Der regelmässige Astigmatismus gesunder und kranker Augen soll in allen Fällen nach DONDERS [4]) hauptsächlich von der Hornhaut, der unregelmässige dagegen fast nur von der in jeder Hinsicht unregelmässigen Form der Linse herrühren [5]). YOUNG [6]) konnte aber den regel-

[1]) Notizen für Aerzte gibt in dieser Hinsicht DONDERS, Ebendas. S. 400. 401.

[2]) KNAPP, in Gräfe's Arch. für Ophthalmologie. Bd. VIII. Hft. 2. 1862 S. 185. Vgl. DONDERS, Ebendas. Bd. IX. 1863. S. 219.

[3]) DONDERS, Ebendas. S. 488.

[4]) DONDERS, Ebendas. S. 488. 89. Vgl. auch KNAPP, in Gräfe's Arch. für Ophthalmologie. 1862. S. 153.

[5]) DONDERS, Ebendas. S. 486.

[6]) YOUNG, Philos. Transact. Year 1801. P. I. p. 40.

mässigen Astigmatismus seines Auges nicht beseitigen, wenn er di Hornhaut mit einer Wassermasse umgab und so die eigenthümliche Einflüsse derselben zum grössten Theile unwirksam machte.

§. 518. Nennt man den Gesichtswinkel denjenigen Winke welchen die Richtungslinien oder die Verbindungslinien der Be grenzungspunkte des Gegenstandes und der entsprechenden Punkt der Netzhautbilder an ihrer Durchkreuzungsstelle einschliessen, so gibt zunächst die Tangente dieses Winkels ein Maass des gegen seitigen Verhältnisses der linearen Ausdehnung des gesehenen Gegen standes und des Abstandes desselben von dem nach der älteren Auffassungsart angenommenen optischen Mittelpunkte des Auges. Man kann natürlich die Entfernung dieses Punktes von dem Scheitelpunkte der Hornhaut bei irgend bedeutendem Abstande des gesehenen Gegenstandes ohne merklichen Fehler vernachlässigen. Da der Gesichtswinkel unverändert bleibt, wenn eine gesehene Linie in demselben Verhältnisse, wie die Entfernung wächst, so sollte es gleichgültig sein, in welchem innerhalb der Grenzen der deutlichen Sehweite gelegenen Abstande man die Grösse desselben bestimmt. Dieses bewährt sich aber nur für gröbere und nicht für feinere Ermittelungen, weil wir die Vorstellung der Ausdehnung nicht nach dem Gesammteindrucke, sondern nach der Summe der das Ganze zusammensetzenden begrenzteren Einzeleindrücke beurtheilen. Die untergeordneten Bezirke von beständiger Grösse werden aber mit wachsender Entfernung scheinbar kleiner und schwinden zuletzt gänzlich. Es kann daher kommen, dass man lineare Gegenstände in einer bestimmten geringeren Entfernung deutlicher erkennt, als doppelt so lange in doppeltem Abstande. Diese Erscheinungen wechseln mit den optischen Eigenschaften des Gegenstandes, der Beschaffenheit des Auges und der Auffassung der Eindrücke. Sie eigenen sich zu mannichfachen Untersuchungsarten gesunder und kranker Gesichtswerkzeuge und können nicht bloss den Gesichtswinkel, sondern auch das Unterscheidungsvermögen der Netzhaut für die in verschiedenen Richtungen liegenden Punkte einer Fläche bestimmen[1].

§. 519. Der Augenarzt muss dieses immer berücksichtigen wenn er die Sehschärfe seiner Kranken ermitteln will. Man braucht

[1]) Die einfache von Frick (Die physikalische Technik. Dritte Auflage. Braunschweig 1864. 8. S. 274. Fig. 395.) angegebene Vorrichtung, bei der zwei ungleich grosse ähnliche Körper durch ein Diopter in verschiedenen Entfernungen betrachtet werden kann in solchen Fällen dienen.

gewöhnlich Leseproben, die z. B. ein gesundes Auge unter einem Gesichtswinkel von 5 Bogenminuten deutlich sieht. Dieser Werth wird den anderen Bestimmungen zum Grunde gelegt und die Sehschärfe durch einen ächten oder unächten Bruch ausgedrückt, der die zur deutlichen Erkenntniss jener Buchstaben nöthige Entfernung des untersuchten Auges zum Zähler und die, welche dem Gesichtswinkel von 5 Minuten entspricht, zum Nenner hat[1]). Die letztere Grösse wechselt aber unter sonst gleichen Verhältnissen mit den Einzelheiten, welche die lineare Ausdehnung des Gesehenen dem Anblicke darbietet. Sie kann daher keine allgemeine Bedeutung in Anspruch nehmen.

§. 520. Die Ausmessung der kleinsten Gesichtswinkel muss nicht bloss die §. 518. erwähnten Erscheinungen, sondern auch die Form, die Helligkeit und die absolute Grösse des Prüfungsgegenstandes berücksichtigen. Dieses erklärt es, wesshalb die verschiedenen Forscher in ihren Angaben so ausserordentlich abweichen. Manche lassen den kleinsten Gesichtswinkel nur zwischen 148 und 52 oder 30 Secunden schwanken[2]). Allein schon keineswegs ungewöhnliche Augen können bis auf 2 bis 3 Secunden unter günstigen Bedingungen hinuntergehen[3]). Die Helligkeit und die Irradiation bedingen noch kleinere Werthe. Man sieht daher z. B. Fixsterne, die einen verschwindend kleinen Gesichtswinkel haben, nicht als Punkte, sondern in der Sternform vermöge der Ausstrahlung, die ihr helles Licht auf dunkelem Grunde erzeugt. Gibt es Menschen, welche die Jupitertrabanten mit freiem Auge erkannten, so würde dieses einem Gesichtswinkel von 1,5 Secunden entsprechen.

§. 521. Untersucht man, in welcher Entfernung die direct gesehenen Gegenstände wegen der Kleinheit des Gesichtswinkels nicht mehr erblickt werden, so muss man immer auf die Lichtstärke, die Form und die Farbe Rücksicht nehmen. Eine sehr helle Beleuchtung oder eine starke Zurückwerfung der Strahlen gibt immer ein kleineres Minimum des Gesichtswinkels, weil dann die Intensität des Eindruckes und die Irradiation zunehmen. Schattenbilder werden aus demselben Grunde um so früher undeutlich, je mehr die Ausstrahlung

---

[1]) Andere Unterschiede unter krankhaften Verhältnissen siehe bei: Donders, Pogg. Ann. Bd. CXX. 1863. S. 464—468.

[2]) Helmholtz, Physiologische Optik. S. 217. 218.

[3]) Mein Lehrbuch der Physiologie. Zweite Auflage. Bd. II. Abth. 2. S. 152. P. Harting, Das Mikroskop. Uebersetzt von Theile. Braunschweig 1859. 8. S. 62.

über sie hinübergreifen kann. Körper von einseitiger linearer Ausdehnung bleiben unter sonst gleichen Verhältnissen bei einem grösseren Gesichtswinkel kenntlich, als runde, quadratische oder solche mit weniger ungleichen Durchmessern überhaupt [1]). HARTING [2]) konnte daher z. B. einen hellen Spalt noch unter einem Gesichtswinkel von 0,15 Secunde erkennen. PLATEAU bemerkte, dass weisse ein Centimeter breite Papierstreifen bei 12, gelbe bei 13, rothe dagegen erst bei 23 und blaue bei 26 Secunden Gesichtswinkel gesehen werden. Der Unterschied der Lichtstärken der einzelnen Farben übt hierbei wahrscheinlich einen wesentlichen Einfluss aus. Eine schmale rechtwinkelige Spalte, hinter der sich ein gutes Rubinglas befindet, wird für vergleichende Bestimmungen, wie sie der Arzt braucht, hinreichen.

§. 522. Man kann die §. 484. beschriebenen Kreisbogen benutzen, um die Deutlichkeit des indirecten Sehens auszumessen, wie dieses von AUBERT [3]) zu physiologischen Zwecken geschehen ist. Das Auge betrachtet unverrückt eine im Nullpunkte aufgestellte Mire, während der Gegenstand, der sich auf den Seitentheilen der Netzhaut abspiegelt, an einem der Kreisbogen herumbewegt wird. Da das seitliche Sehen eine andere Anpassung als das directe voraussetzt, so gestattet die §. 484. erwähnte Vorrichtung zugleich eine Verschiebung des beweglichen Gegenstandes längs des entsprechenden Halbmessers. Man bestimmt hierbei einerseits den Gesichtswinkel des indirect erblickten Objectes (Zahlenwinkel von AUBERT) und anderseits den Raumwinkel oder den Bogen, der von dem äussersten noch seitlich erkannten Punkte und dem Nullpunkte der Theilung der Vorrichtung begrenzt wird. Der Quotient beider Grössen gibt ein Maass der Fähigkeit des indirecten Sehens. Da die Pupillenweite über die Grösse des möglicher Weise beleuchteten Netzhautfeldes entscheidet, so muss man bei allen diesen Messungen berücksichtigen, ob sich der entsprechende Durchmesser des Sehloches ändert oder nicht.

§. 523. Man stösst in diesen Versuchen auf einzelne blinde oder halbblinde Stellen, die von der Undurchsichtigkeit der grösseren Centralgefässe der Netzhaut herrühren. Oertliche Lähmungen der

[1]) Grössere hierher gehörende Versuchsreihen gibt HARTING, a. a. O. S. 57—61.

[2]) HARTING, Ebendaselbst. S. 79.

[3]) AUBERT und FÖRSTER in Gräfe's Archiv für Ophthalmologie. Bd. III. S. 1—37 und AUBERT, Ebendas. S. 37—67. und dessen Physiologie der Netzhaut. Breslau 1864. 8. S. 111.

letzteren können natürlich das Gleiche erzeugen. Die ophthalmoskopische Untersuchung des Bezirkes, welcher der unthätigen Gegend entspricht, wird oft entscheiden können, welcher der beiden Fälle Statt findet.

Das §. 522. erwähnte Verfahren lässt sich benutzen, um die Ausdehnung der blinden Stelle der Netzhaut bei dem Mariotte'schen Versuche zu bestimmen. HANNOVER[1]) fand z. B. in 22 Augen, dass ihr Durchmesser einer Bogengrösse von 3° 39′ bis 9° 47′ entsprach. Der kürzeste Abstand von dem hintern Ende der Sehachse betrug 9° 58′ bis 14° 27′ und der längste 15° 29′ bis 21° 43′. Ich erhielt 13° und 17° 5′ für beide Werthe meines Auges. Geübtere können die Grösse und die Form der unthätigen Fläche selbst aufzeichnen, indem sie einen Punkt fixiren und seitlich mit einem Bleistifte dahingehend die Grenzcontouren der Gegend angeben, innerhalb deren die Spitze des Zeichenstiftes unkenntlich wird[2]).

§. 524. Da die Ausstrahlung oder Irradiation von der Lichtstärke und dem Anpassungszustande wesentlich abhängt, so haben vergleichende Maassbestimmungen nur dann einen Werth, wenn jene beiden Grundbedingungen unverändert bleiben. Will man sich keiner besonderen Vorrichtung bedienen, so wird man eine Tafel, die zwei kreuzweis gestellte weisse und zwei eben so grosse schwarze Quadrate enthält, in derjenigen Entfernung, in der man sie am deutlichsten sieht, aufstellen und das dann Statt findende Minimum der Ausstrahlung messen, indem man an einem eingeschalteten durchsichtigen Maassstabe angeben lässt, um welche lineare Grösse die weissen Flächen über die schwarzen hinüber zu gehen scheinen. Schiebt man hierauf allmählig die §. 508. erwähnte Doppelplatte vor das Auge, so kann man die Veränderungen beurtheilen, die das rothe und das blaue Licht erzeugt.

§. 525. Diejenigen Erscheinungen, die von der Irradiation in dem gewöhnlichen Sinne des Wortes[3]) abhängen, werden immer von der Lichtstärke wesentlich bestimmt. Dieses gilt aber nicht für eine andere Reihe von Wirkungen, die man ebenfalls als zur Ausstrahlung gehörend angesehen hat, die sich aber auf die von ihr unabhängigen auch bei bester Anpassung auftretenden Zerstreuungskreise bezieht.

---

[1]) A. HANNOVER, Das Auge. Leipzig 1852. 8. S. 72.

[2]) Eine Abbildung der Art aus seinem Auge gibt z. B. HELMHOLTZ, Physiologische Optik. S. 212. Fig. 101.

[3]) Einen Versuch, die ächte Irradiation nur mit der chromatischen Abweichung in Beziehung zu bringen, macht FICK, Die medicinische Physik. S. 321—325.

Eine von VOLKMANN[1]) angegebene Vorrichtung dient zur Verfolgung der hier in Betracht kommenden Erscheinungen. Man hat einen fixen und einen eben so dicken beweglichen Silberdrath. Dieser kann jenem durch eine Mikrometerschraube genähert und von ihm entfernt und die Bewegungsgrösse mittelst einer Gradeintheilung bestimmt werden. Hält man die Vorrichtung gegen einen hellen Hintergrund z. B. den Himmel, so erscheinen die Fäden dunkel und der Zwischenraum hell. Die Betrachtung gegen einen schwarzen Grund in zurückgeworfenem Lichte gibt das Umgekehrte. Entschiede hier die Lichtstärke, so müsste man in dem ersteren Falle die Fäden zu sehr einander nähern, wenn man den zwischen beiden befindlichen Zwischenraum der Breite eines jeden einzelnen gleich zu machen suchte, weil jener hell und diese dunkel, folglich durch Irradiation des ersteren schmaler erscheinen. Die Betrachtung auf dunkelem Grunde würde das Umgekehrte liefern. VOLKMANN fand aber, dass man einen zu grossen Abstand der Fäden in beiden Fällen erhält, wenn man diese möglichst scharf fixirt. Es ergibt sich hieraus, dass hier nicht sowohl die von der Lichtstärke abhängigen Ausstrahlungserscheinungen, als die auch bei dem deutlichsten Sehen auftretenden Zerstreuungskreise bestimmend eingreifen. Die Fehlergrösse, die man begeht, kann als Maass der Auffassung derselben betrachtet werden. Man wird diese für verschiedene Arten einfarbigen Lichtes und für den Parallelismus der Fäden mit verschiedenen Meridianen des Auges bestimmen. Die Entfernung fällt z. B. bisweilen bei wagerechter Stellung der Fäden kleiner, als bei senkrechter aus (§. 514.).

§. 526. Die Photometrie steht auf einem unsichereren Boden, als die übrigen Theile der Optik, wenn das Auge die Gleichheit oder Ungleichheit zweier Lichtstärken unmittelbar oder mittelbar bestimmen muss. Unser Lichtsinn[2]) arbeitet dann nicht bloss als stumpfes, sondern auch als unbeständiges Maasswerkzeug.

§. 527. Beleuchtet man eine weisse Fläche mit zwei Kerzen, von denen man die eine ruhig lässt, die andere dagegen allmählig entfernt, und lässt durch einen Stab zwei Schatten entwerfen, so erkennt das Auge nach FECHNER $^1/_{100}$ Beleuchtungsunterschied im günstigsten Falle. Die Bewegung erhöht diesen Werth nach ARAGO auf $^1/_{131}$. Der Gegensatz von Licht und Schatten begünstigt die

[1]) VOLKMANN, Bericht der k. sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften. 1857. II. III. Leipzig 1858. 8. S. 129—148.

[2]) AUBERT, Physiologie der Netzhaut. S. 23.

Richtigkeit des Urtheils. Die meisten Augen arbeiten stumpfer, selbst im hellsten Lichte, wenn die beiden verschieden hellen Flächen nicht scharf genug gegenseitig abgegrenzt sind.

§. 528. Fällt ein Bündel natürlichen Lichtes senkrecht auf eine doppeltbrechende Platte so ein, dass zwei Bilder entstehen, so sollten diese die gleiche Lichtstärke nach einem von MALUS aufgestellten Gesetze darbieten. Die theoretischen Untersuchungen von NEUMANN und die Beobachtungen von WILD[1]) lehrten aber, dass diese Norm nur annäherungsweise gilt. Man kann sie auf den Bergkrystall anwenden, weil dessen Doppelbrechung so schwach ist, dass die Fehler unmerklich bleiben. Der Kalkspath dagegen, in dem die Brechungscoëfficienten der beiden Strahlen beträchtlicher abweichen, führt zu grösseren Unterschieden. Die Rechnung ergibt, dass das ordentliche Bild eines senkrecht auf ein Kalkspathrhomboëder fallenden Bündels natürlichen Lichtes um $^1/_{38}$ lichtschwächer, als das ausserordentliche sein muss. Die Erfahrung lieferte $^1/_{35}$. Die wenigsten Augen sind aber im Stande diesen Intensitätsunterschied wahrzunehmen.

§. 529. Alle Photometer, die auf dem unmittelbaren Vergleiche zweier Lichtstärken beruhen, wie die von LAMBERT und RUMFORD, POTTER und RITCHIE, BUNSEN und F. BERNARD gestatten nur gröbere Ausmessungen. Aendert man hierbei den Abstand der einen Lichtquelle von der beleuchteten Fläche und setzt voraus, dass die Lichtstärke in umgekehrtem Verhältnisse des Quadrates der Entfernung abnimmt, so gilt der letztere Satz nur dann, wenn man diesen Abstand als unendlich gross im Vergleich zur Ausdehnung der Lichtquelle selbst ansehen kann. Dieses ist aber in vielen Versuchen nicht der Fall.

§. 530. Das polarisirte Licht liefert ein feineres Mittel, den Unterschied zweier Lichtstärken zu bestimmen. Untersucht man eine Mischung zweier gleich lichtstarker, geradlinigt und senkrecht auf einander polarisirter Strahlen mit einem Polariskope, so erhält man keine Interferenzerscheinungen, keine farbigen Fransen oder Ringe, weil sich jene Mengung wie natürliches Licht verhält. Ist dagegen die Lichtstärke des einen Strahles geringer als die des anderen, so liefert das Polariskop Interferenzfiguren. Man kann diese wiederum auslöschen, wenn man die Polarisationsebene des einen Lichtstrahles um eine von dem Unterschiede der Lichtstärke abhängige Compensationsgrösse dreht. Die Rechnung bestimmt hier

---

[1]) WILD, Pogg. Ann. Bd. CXVIII. 1863. S. 226.

noch, um welchen Werth die beiden Lichtstärken unter einander abweichen. ARAGO, BABINET, NEUMANN und WILD sind von diesen Erscheinungen ausgegangen und der Letztere[1]) hat in neuester Zeit ein Photometer auf dieser Grundlage hergestellt, das als das empfindlichste von allen einen Unterschied von $^1/_{1000}$ der Lichtstärke von einem gewöhnlichen Auge erkennen lässt. Es handelt sich aber dabei nicht um die Beurtheilung der Beleuchtungsintensität einer oder zweier Flächen, sondern um die Erkenntniss, ob Interferenzlinien in der Mitte verschwinden, während sie an beiden Seiten erhalten bleiben. Der Einfluss der wechselnden Thätigkeit des Auges macht sich hier in merklichem Grade geltend. Arbeitet man eine Zeit lang mit dem Photometer, so vergrössern sich nach und nach die Werthe der kleinsten Unterschiede der Lichtstärken, die man erkennen kann. Man darf daher auch erwarten, dass man des Morgens bald nach dem Aufstehen feiner, als im Laufe des Tages beobachten wird.

§. 531. Will man die unmittelbare Fähigkeit des Auges, den Beleuchtungsunterschied zu erkennen, ausmessen, so kann zwar eines der §. 530. erwähnten Photometer dienen; man muss aber dann auf die sichere Bestimmung feinerer Unterschiede verzichten. Braucht man dagegen ein Photometer, welches das polarisirte Licht in der §. 530. geschilderten Weise verwendet, so bestimmt man zwar physikalisch den Unterschied der Lichtstärke, physiologisch dagegen zunächst nur das Erkenntnissvermögen der Interferenzerscheinung polarisirten Lichtes oder der gleichzeitigen Einwirkung zweier polarisirter Strahlen mit verschiedenen Polarisationsebenen und Lichtstärken, deren Gangunterschied (§. 186.) die Fransen erzeugt.

§. 532. Es wurde schon §. 460. bemerkt, dass man den physikalischen Begriff der Lichtstärke von der physiologischen Beziehung derselben unterscheiden muss. Man kann theoretisch annehmen, dass die Lichtstärke nur mit der lebendigen Kraft der schwingenden Aethermolecüle wächst und daher bloss mit dem Quadrate der grössten Ausweichung (bei einfarbigem und geradlinigt polarisirtem Lichte) zunimmt. Der Vergleich mit dem Stosse führt unmittelbar zu dieser Folgerung. Da aber die Wirkung auf unsere Nerven um so nachdrücklicher ausfällt, eine je grössere Menge von einzelnen Erregungen oder von Stössen in der Zeiteinheit auftritt (§. 342.), so wird auch die von unserem Auge gesehene Lichtstärke keine

[1]) WILD, a. a. O. S. 196—240.

blosse Function der Amplitude, sondern zugleich eine solche der Zahl der Schwingungen d. h. der Wellenlänge oder der Farbe sein. Die gleiche Ausweichungsgrösse der Aethermolecüle oder dieselbe physikalische Lichtstärke wirkt hiernach bis zu einer gewissen Grenze um so kräftiger auf das Auge, je grösser die Brechbarkeit der zugehörigen Farbe ist. Das Roth schwindet bei schwacher Beleuchtung eher, als das Blau. Zeigt sich das Umgekehrte bei sehr grosser Lichtstärke oder bei bedeutender Empfindlichkeit des Auges, indem dann Roth und Gelb über Farben kürzerer Wellenlängen vorherrschen [1]), so lässt sich auch diese Erscheinung mit dem was die Tast- und die Bewegungsnerven darbieten, zusammenstellen. Eine gegebene Reizstärke, die sich zu häufig in der Zeiteinheit wiederholt, führt zu einer Abnahme der Empfindung oder der Grösse der Muskelzusammenziehung. Dieses Ueberschreiten des Maximums tritt im Allgemeinen für nachdrücklichere Reizungen früher als für schwächere ein. Es wird daher für die brechbarsten Strahlen eher, als für die mit grösseren Wellenlängen unter den genannten Bedingungen zum Vorschein kommen.

Diese Thatsachen lehren, dass man die genaue Ausmessung der photometrischen Kraft des Auges in nahezu einfarbigem Lichte vornehmen muss. Ein gutes Rubinglas oder besser noch der gelbe Nachbarbezirk der *D* Linie des Sonnenspectrums können hier mit Nutzen gebraucht werden. Will man sich mit Annäherungen begnügen, so nimmt man, wie Förster [2]) es gethan, einen Kasten mit zwei Durchsichtslöchern und einer Eintrittsöffnung des Lichtes, die durch einen verschiebbaren Schirm vergrössert oder verkleinert wird.

§. 533. Lässt man die Intensität der Beleuchtung einer lichtstarken Farbe immer mehr zunehmen, so kommt es uns vor, als wenn sich zuerst Gelb und dann Weiss jenseit einer gewissen Grenze beimischte. Alle Farben ohne Unterschied erscheinen Weiss bei blendender Beleuchtung. Das Gesichtswerkzeug unterscheidet nicht mehr den Rhythmus der einzelnen Wellenbewegungen, wenn die Erregung allzu nachdrücklich eingreift. Kleinere Farbenflächen fordern zu ihrer Erkenntniss eine beträchtlichere Lichtstärke, als grössere. Dasselbe wiederholt sich für die Unterscheidung zweier wenig von einander abweichender Farbennuancen. Eine allzuschwache Beleuchtung lässt

[1]) Ueber die Verhältnisse der Mischfarben in dieser Beziehung siehe Helmholtz, Physiologische Optik. S. 318. 319. Aubert, Physiologie der Netzhaut. S. 127.

[2]) R. Förster, Ueber Hemeralopie und die Anwendung eines Photometers im Gebiete der Ophthalmologie. Breslau 1857. 8. S. 5—7.

das Auge rasch ermüden, so dass es bald die im Anfange noch gesehenen Gegenstände nicht mehr erkennt. Man kann alle diese Verhältnisse zu Ausmessungen der Empfindlichkeit des Auges benutzen. Der Wechsel der Entfernung der Lichtquelle und die Berechnung der verhältnissmässigen Lichtstärke nach dem Quadrate der Entfernung werden dabei für gröbere Bestimmungen genügen.

§. 534. Vergleicht man zwei aneinander stossende Flächen von ungleicher Lichtstärke, so wechselt die Erkennbarkeit der Grenze beider und der in dem schattigen Theile befindlichen Einzelnheiten mit der Lichtstärke selbst. Steigt diese von Null an, so muss sie erst einen gewissen endlichen Werth erreichen, damit der Beleuchtungsunterschied beider Flächen überhaupt erkannt werde. Die weitere Zunahme der Lichtstärke lässt allmählig das Unterscheidungsvermögen bis zu seinem grössten Werthe anschwellen, das sich auf annähernd derselben Höhe erhält, wenn die Lichtstärke bis zu einer gewissen Grösse ferner zunimmt. Ein noch grösseres Wachsthum derselben erzeugt wiederum eine Abnahme der Erkennbarkeit, die endlich bei einem sehr bedeutenden endlichen Intensitätswerthe Null wird. Die Unterscheidungsfähigkeit bildet also eine solche Function der Lichtstärke, dass die äussersten Grenzen derselben endlichen Werthen der letzteren entsprechen und die Schwankungen in der Nachbarschaft des Maximum kleiner, als an anderen Stellen ausfallen. Die Muskelcurven bieten etwas Aehnliches dar.

§. 535. Diese Thatsachen führen zu dem Schlusse, dass das Fechner'sche psychophysische Gesetz (§. 414.) seine annähernde Gültigkeit nicht bloss bei den stärksten und den schwächsten Beleuchtungen, sondern auch bei mittleren Helligkeitsgraden einbüssen kann, wie HELMHOLTZ [1]) schon hervorgehoben hat. E. H. WEBER nahm für das Unterscheidungsvermögen der Entfernungen und der Gewichtsdrucke durch den Tastsinn und FECHNER für das der Lichtstärke und der Tonhöhen an, dass die Differenz zweier gleichartiger Eindrücke innerhalb der günstigen Wahrnehmungsgrenzen gleich erscheint, wenn sie denselben Bruchtheil eines der beiden absoluten in Betracht kommenden Werthe, also der Drucke, der Lichtstärken oder der Schallintensitäten ausmacht. Soll die Wirkung beständig bleiben, so muss sich hiernach der Unterschied der Erregung in gleichem Verhältnisse mit dieser selbst ändern. FECHNER führt z. B. an, dass man die Helligkeitsdifferenz

[1]) HELMHOLTZ, a. a. O. 313. 314. Vgl. AUBERT, Physiologie der Netzhaut. S. 63.

zweier an Lichtstärke wenig von einander abweichender Flächen erkennt, man mag diese mit freiem Auge oder durch dunkelgraue, die Lichtstärke vermindernde Plangläser betrachten.

Die beschränkte Gültigkeit, welche jener Norm zukommt, kann als Grundlage von zweierlei Ausmessungen dienen. Nimmt man zwei in ihrer Lichtstärke wenig unter einander abweichende gleich- und einfarbige Flächen und ändert die Lichtintensität, lässt man also z. B. die Strahlen, welche die eine Fläche erhellen, durch ein absorbirendes Mittel gehen und nähert oder entfernt die beiden Flächen gemeinschaftliche Lichtquelle, so wird sich ein von zwei endlichen Grenzen eingeschlossener scheinbarer Gleichheitsbezirk finden, innerhalb dessen der Helligkeitsunterschied trotz der absoluten Aenderung der Lichtstärke für das Auge nahezu gleich bleibt. Die Ausdehnung dieses Gleichheitsbezirkes ist aber um so geringer, je schärfer das Sehvermögen. Eine andere Seite der Prüfung bezieht sich auf die Bestimmung, ob der Gleichheitsbezirk dem Gebiete schwächerer oder stärkerer Helligkeiten angehört.

§. 536. Die Dauer der Netzhauteindrücke kann zu vielseitigen annähernden Maassbestimmungen dienen. Jedes Bild, das wir sehen, klingt mit abnehmender Schnelligkeit und zuletzt asymptotisch ab (§. 414.). Dreht man z. B. eine weisse Scheibe, die einen schwarzen Sector hat, so erhält sich das schwarze Nachbild, während der weisse Theil an dem Auge vorübergeht. Man hat daher den Eindruck einer grauen Fläche. Diese erscheint ungleich lichtstark, wenn die Umdrehungsgeschwindigkeit eine gewisse Grösse nicht erreicht, weil die Stärke des schwarzen Nachbildes merklich abnimmt, während der weisse Theil an der Netzhaut vorübergeht. Wächst die Drehungsgeschwindigkeit, so gelangt man zu einem Werthe derselben, bei dem die Stärke des Nachbildes noch nicht merklich gesunken ist, wenn das zweite Bild an der Gesichtachse vorübergeht. Die graue Mischfläche erscheint dann überall gleichförmig. Die erste Aufgabe der Ausmessung besteht also darin, die kleinste Geschwindigkeit aufzufinden, bei der jene Gleichförmigkeit des Eindruckes zu Stande kommt. Sie fällt um so grösser aus, je stumpfer das Gesichtswerkzeug arbeitet.

§. 537. Man kann dreierlei Arten von Drehscheiben zu diesem Zwecke verwenden, solche, die einen oder eine Anzahl schwarzer Sectoren auf weissem Grunde haben, andere, die verschiedenfarbige Flächen besitzen oder endlich solche, die durch eine oder mehrere Lücken unterbrochen werden und die wir

daher mit dem Namen der Ausschnittsscheiben bezeichn wollen. Die farbigen Sectoren geben die Mischfarben. Die Ve theilung der sieben Hauptfarben des Spectrums nach der Newtor schen Vorschrift liefert ein meist schmutziges Grauweiss, wenn d Drehung des Farbenkreisels die hinreichende Schnelligkeit e reicht hat. Das Verfahren von MONTIGNY ein Prisma durch da weisses Licht geht, rasch um seine Längsachse zu bewegen, liefe auch bei der Mischung ein reineres Weiss seiner reineren Farben wege Der Grund der Empfindung liegt darin, dass der Eindruck der erste Farbe noch verharrt, wenn der der zweiten entstanden ist, mithin ein Uebereinanderlagerung, eine Summation mit ähnlicher Wirkung, wi die der Farbenmischung selbst zu Stande kommt. Die Ausschnitts scheiben geben ein zartes Filigran als Einheitswirkung. Die Um drehungsgeschwindigkeit, die den gleichförmigen Eindruck hervorruft braucht um so kleiner zu sein, je weniger lange das Nachbild zu dauern hat, bis ein zweites ihm ähnliches Bild die Netzhaut trifft, also kleiner z. B. wenn man 8 gleich grosse abwechselnd gefärbte und ausgeschnittene Sectoren zwischen 8 eben so grosse anders gefärbte oder volle Sectoren vertheilt, als wenn man eine in zwei gleiche Hälften gesonderte Scheibe nimmt. Scheiben, die man in 8 oder 16 gleich grosse Sectoren theilt und abwechselnd anders färbt oder aus schneidet, dienen daher am leichtesten für die gewöhnlichen Prü fungen. Die Gleichförmigkeit fordert im Allgemeinen verschiedene Schnelligkeiten für verschiedene Farben [1]) und eine grössere Minimal geschwindigkeit bei beträchtlicherer Helligkeit. Sie nimmt auch mit der Empfindlichkeit des Auges zu.

§. 538. Die auf die oben geschilderte Weise angestellten Messungen können bedeutende Fehlerquellen einschliessen, weil das Auge nur mit grosser Unsicherheit beurtheilt, wann die völlige Gleich förmigkeit der Mischfarbe des Grau oder des Filigrans eintritt. Ein anderes Verfahren engt die Grenzen der Irrungen ein, beseitigt sie aber keineswegs gänzlich. Man betrachtet die sich drehende Aus schnittsscheibe gegen einen hellen Grund durch eine im Innern spiegelnde und aussen mit einer schwarzen undurchsichtigen Hülle umgebenen Glasröhre, die eine Durchsichtsöffnung an dem einen und ein kleines Diopterloch an dem anderen Ende trägt. Ei

---

[1]) Die von PLATEAU erhaltenen Einzelwerthe siehe z. B. in m. Lehrbuch d Physiologie Bd. II. Abth. 2. S. 187. Ein Verfahren, Spectralfarben zu benutzen s. D Gebrauch des Spektroskopes S. 117.

grosser die Durchschnittsöffnung umgebender schwarzer Schirm oder eine andere passende Vorrichtung schützt vor den Störungen einfallenden Seitenlichtes. Dreht sich die Ausschnittsscheibe, so wird die Diopteröffnung abwechselnd verfinstert und erhellt. Ihr in der Gestalt eines Kreisringes auftretendes Spiegelbild erscheint daher bei langsamer Umdrehung bald heller, bald dunkler. Der Unterschied verkleinert sich mit der Zunahme der Umdrehungsgeschwindigkeit. Diese muss aber hier für den Eindruck der Gleichförmigkeit grösser sein, als wenn man die Ausschnittsscheibe mit blossem Auge betrachtet. Das Verfahren ist so empfindlich, dass nicht selten der dritte oder der vierte Versuch, den man unter sonst gleichen Verhältnissen anstellt, eine bedeutendere Geschwindigkeit für die erste Gleichförmigkeit des Eindruckes gibt, weil das Auge ermüdet ist. Man kann sich auch überzeugen, dass hier das Gesichtswerkzeug des Morgens unmittelbar nach dem Aufstehen besser, als später arbeitet. Untersuchungen in einfarbigem Spectrallichte liefern hier zuverlässigere Ergebnisse, als solche bei weisser Beleuchtung. Mag man aber mit freierem Auge oder durch die Spiegelröhre beobachten, so muss man immer darüber wachen, dass sich die Scheibe mit möglichst gleichförmiger Geschwindigkeit dreht, weil das Auge jede Unregelmässigkeit der Art sogleich bemerkt.

§. 539. Masson[1]) suchte auch die Drehscheiben zu benutzen, um die Empfindlichkeit des Auges für Helligkeitsunterschiede zu messen. Besitzt ein schwarzer Sector die Bogengrösse b in einem Radialabstande r und dreht man die Scheibe so rasch, dass eine gleichförmige graue Fläche zum Vorschein kommt, so erscheint diese um die Lichtstärke $i \frac{b}{2r\pi}$ schwächer als die weisse Fläche von der Intensität i. Das Auge arbeitet um so empfindlicher, je geringere Unterschiede der Lichtstärke der grauen und der benachbarten weissen Fläche es wahrnimmt, je kleiner also der schwarze Bogentheil oder je schmaler der in radialer Richtung aufgezeichnete einfache oder mehrfache schwarze Streifen ist. Der Bruch, der die Minimalgrösse des letzteren im Verhältniss zur entsprechenden Kreisfläche ausdrückt, misst daher die Empfindlichkeit des Gesichtswerkzeuges. Masson fand $^1/_{50}$ bis $^1/_{70}$ für schwache, $^1/_{80}$ bis $^1/_{100}$

---

1) Masson, Annales de Chimie et Physique. Troisième Série. Tome XIV. Paris 1845. 8. p. 137—195. Vgl. auch Fick in Reichert und du Bois Archiv. 1863. S. 739—764.

für gewöhnliche und mehr als $^1/_{120}$ für ausserordentlich gute Augen. HELMHOLTZ[1]) gelangte bis zu $^1/_{167}$ unter den günstigsten Verhältnissen.

Mehrere Umstände können hier bedeutende Irrungen veranlassen. Eine grössere, jedoch nicht blendende Lichtstärke führt im Allgemeinen zu kleineren Brüchen. Das Umherschweifen des Blickes lässt noch Unterschiede erkennen, die man bei ruhendem Auge nicht mehr bemerkt. Wird die Umdrehungsgeschwindigkeit allzu gross, so kann es kommen, dass das ursprüngliche Bild und daher auch das Nachbild geschwächt werden, weil der Netzhauteindruck eine zu kurze Zeit dauert. Das Unterscheidungsvermögen fällt dann kleiner, als bei langsamerer Drehung aus.

§. 510. Wie die allzu kurze Reizung eines Bewegungsnerven keine Muskelverkürzung erzeugt, so muss auch das Netzhautbild eine Zeit lang anhalten, wenn es überhaupt wahrgenommen werden soll. Diese Zeitgrösse nimmt mit der Empfindlichkeit des Auges ab. Irgend eine Vorrichtung, durch die man einen Körper mit sehr grosser beliebiger und bekannter Geschwindigkeit fortzuschleudern vermag, kann hier zur Ausmessung benutzt werden. Der Minuten- oder der Stundenzeiger einer gewöhnlichen Uhr eignet sich für Maassbestimmungen des entgegengesetzten Falles. Jedes Auge erkennt eine Bewegung erst dann, wenn sie eine gewisse Geschwindigkeit erreicht. Es arbeitet um so empfindlicher, eine je langsamere Ortsveränderung es wahrnimmt. Ein gutes Gesichtswerkzeug bemerkt noch das Fortrücken des Minutenzeigers, nicht aber das des Stundenzeigers einer Taschenuhr. Man hat aber hier zwei Mittel, die Bewegung leichter kenntlich zu machen. Vergrössert sich die Länge des Zeigers, so beschreibt er einen mit ihr proportional zunehmenden Bogen in der Zeiteinheit. Die Geschwindigkeit des Endpunktes wächst daher. Man braucht also nur verschiebbare Verlängerungen an einem solchen Zeiger anzubringen, um die minimale dann noch erkennbare Winkelgeschwindigkeit zu bestimmen. Das Mikroskop kann noch leichter zum Ziele führen. Die scheinbare Geschwindigkeit wächst hier in gleichem Verhältnisse mit der linearen Vergrösserung, weil die Ausdehnung des durchlaufenen Raumes zunimmt, während die Zeit der Bewegung die gleiche bleibt. Die Empfindlichkeit des Auges steht daher in umgekehrtem Verhältnisse zur kleinsten Vergrösserung, die für die Erkenntniss einer sehr langsamen Bewegung nöthig ist.

---

[1]) HELMHOLTZ, Physiologische Optik S. 315.

§. 541. Die Ausmessung des Farbensehens muss zunächst entscheiden, bis zu welchem Grade das Auge die einzelnen Spectralfarben sondern kann. Man darf nicht glauben, dass diese an allen Stellen des Spectrums allmählig und unmerklich in einander übergehen. Ein gesundes Auge sieht z. B. einen scharfen Unterschied zwischen dem jenseit *D* liegenden gelben Bande und dem Anfange des Grün und nicht selten eine auffallende Steigerung des Blau gerade bei *F*. Es hängt von der Schärfe des Gesichtswerkzeuges ab, ob man Unterschiede der Farbentöne und der Helligkeit von der Gegend jenseit des *A* bis *C* bemerkt, welchen Abschnitt des sonst unsichtbaren rothen [1]) und welchen des ultravioletten Theiles des Spectrums man noch nach der Abblendung der übrigen Ausdehnung desselben wahrnimmt. Der Gebrauch des Spectroskopes kann daher die mannichfachsten ärztlichen Ausmessungen möglich machen.

§. 542. Die Fraunhofer'schen Linien werden nach und nach unkenntlich, wenn die Spaltbreite des Spektroskopes eine gewisse Grenze überschreitet, weil sich dann eine grosse Zahl verschiedener Spectra ungleichartig übereinander legt. Die einzelnen Spectralfarben verlieren zugleich an Reinheit und es mischt sich ihnen viel weiss bei [2]). Verengert man die Eintrittsspalte des Spektroskopes, so dass die Helligkeit immer mehr abnimmt, so erhalten sich die einzelnen Spectralfarben in ungleichem Grade. Nicht die lichtstärkste, das Gelb, sondern Grün und Roth bleiben zuletzt kenntlich [3]). Die Grössen und nicht die Schwingungszahlen der gesehenen Flächen erzeugen den Haupterfolg.

Der Arzt kann unter diesen Verhältnissen bestimmen lassen, bei welcher Spaltenbreite des Spektroskopes alle Hauptfarben des Spectrums erkannt werden und bei welchem grösseren Werthe desselben man zuerst nur ein rothes, ein gelbgrünes, ein blaues und ein violettes Band sieht. Die schon zum Theil §. 507. erwähnte Untersuchung der gröberen und der feineren Fraunhofer'schen Linien lässt sich mit diesen Bestimmungen verbinden.

§. 543. Das Spektroskop kann auch noch benutzt werden, die Beschaffenheit gefärbter Brillengläser [4]), die Farbenabsorption

[1]) Mittel, das Ultraroth sichtbar zu machen siehe: Der Gebrauch des Spektroskopes. S. 115.

[2]) Ueber die allmähligen Veränderungen siehe: Der Gebrauch des Spektroskopes. S. 120. 121.

[3]) Ebendaselbst S. 120.

[4]) Ebendaselbst S. 122—124.

durch ein oder mehrere gefärbte Gläser oder andere Körper und einzelne Fluorescenzerscheinungen zu untersuchen. Die gegenwärtig häufig gebrauchten dunkelblauen Gläser zeigen in dieser Hinsicht Verschiedenheiten, die sich durch die Absorptionsbänder am deutlichsten verrathen.

§. 544. Der höchste Grad der Farbenblindheit erscheint zunächst als Rothblindheit[1]), Anerythropsie oder Daltonismus. Er findet sich so häufig, dass man einem Kranken der Art unter 10 bis 20 Menschen begegnet. Die von GOETHE[2]) sogenannte Akyanoblepsie, die Blaublindheit, die sich jedoch wahrscheinlich immer mehr auf das Violett, als das reine Blau bezieht, scheint selten aufzutreten, die Blindheit nur für Gelb oder Grün dagegen gar nicht vorzukommen. Da die gefärbten Signale eine wichtige Rolle bei dem See- und Eisenbahndienste übernehmen, so hat man mit Recht hervorgehoben, dass die Prüfung der Angestellten auf das Erkenntnissvermögen der gebrauchten Farben nicht überflüssig wäre. Untergeordnete Mängel der Farbenunterscheidung kommen noch häufiger vor. Sie erklären oft die Geschmacklosigkeit der Farbenzusammenstellung in manchen Gemälden, bei Kleidungen, in der Anordnung von Tapeten, Meubeln und ähnlichen Dingen.

§. 545. Die Sprache verräth solche Fehler am wenigsten, weil der gleiche Ausdruck auf andere Empfindungen in dem Gesunden, als in dem Kranken bezogen wird. Etwas weiter führt das Verfahren von A. SEEBECK[3]), verschieden gefärbte Papierstreifen oder Stickbaumwolle nach der scheinbaren Aehnlichkeit zusammenstellen zu lassen. Der Gebrauch gefärbter Gläser kann die Prüfung erleichtern und die Bestimmung der Art und der Breite der Farben des Spectrums, der Diffractions- und der Polarisationsfarben, so wie die Verfolgung des Scheiner'schen Versuches, nachdem man die beiden Oeffnungen des Schirmes mit verschieden gefärbten Gläsern gedeckt hat (§. 502.) ist im Stande, die Untersuchung zu ergänzen.

---

[1]) Ueber die künstliche Nachahmung derselben durch den Gebrauch rother Brillengläser siehe SETSCHENOW und BOKOWA in Henle und Pfeufer's Zeitschrift. Dritte Reihe Bd. XVII. 1862. S. 161.

[2]) GOETHE's Werke. Stuttgart 1860. 4. Bd. VI. S. 130.

[3]) A. SEEBECK, Pogg. Ann. Bd. XLII. Leipzig 1842. 8. S. 177—234. Die hierbei vorkommenden zwei Klassen von Farbenverwechselungen sind auch in m. Lehrbuch der Physiologie. Zweite Auflage. Bd. II. Abth. 1. 1849. 8. S. 198. angegeben. Vgl. noch C. G. TH. RUETE, Lehrbuch der Ophthalmologie. Braunschweig 1853. Bd. I. S. 183—185.

§. 546. Die Mischung mehrerer Farben ist im Stande weiter zu führen. Jede Farbennuance lässt sich durch die Mengung von höchstens drei Grundfarben mit der nöthigen Beigabe von Weiss oder Schwarz herstellen. HERSCHEL vermuthete und MAXWELL und HELMHOLTZ [1]) bestätigten es durch Versuche, dass in dieser Hinsicht ein rothblindes Auge mit zwei Grundfarben, Gelb und Blau für seine stumpfere Empfindung ausreicht, wo das gesunde Auge noch die dritte Farbe des Roth nöthig hat. Man bedient sich zu diesen Prüfungen am besten des Maxwell'schen Farbenkreisels mit einzelnen beliebig zu ändernden gefärbten Sectorabschnitten [2]). Das farbenblinde Auge wird dann eine Mischung, die das gesunde noch als eigenthümliche Farbe auffasst, mit Grau verwechseln. Da die ihm fehlende Grundfarbe dunkler erscheint, so entsteht das Grau durch die Vermengung derselben mit der Helligkeit der anderen Farbe. Die Maxwell'sche Farbenscheibe gestattet es, dass man verschiedene Farbenmischungen an Orten herstellt, die ungleich weit vom Mittelpunkte abstehen. Das farbenblinde Auge hält dann zwei passende Mischtöne für gleich, die das Gesunde noch mit Sicherheit unterscheidet [3]).

§. 547. Die blosse Mischung zweier Spectralfarben wird oft für die nöthigen Aufschlüsse hinreichen. Man kann das Spektroskop in mannichfacher Weise benutzen [4]). Das Einfachste ist, dass man zwei der Grundfarben des Spectrums über einander legt. Passende Ergänzungsfarben geben dann Weiss dem gesunden und eine eigenthümliche Färbung dem farbenblinden Auge, wenn dieses eine oder beide unvollkommen, aber nicht bloss als Grau auffasst. Es wird z. B. kein reines Weiss bei der Mischung von Rothorange und dem complementären Grünblau haben, wenn es rothblind, und keines bei der von Violett und einem entsprechenden Grüngelb, wenn es violettblind ist. Mengt man zwei Farben, von denen der Kranke die eine unvollkommen oder gar nicht erkennt, so nimmt es eine andere Resultante wahr, als HELMHOLTZ [5]) für die Auffassung der Mischung der Spectralfarben durch das gesunde Auge festgestellt hat. Ein

[1]) HELMHOLTZ, Physiologische Optik S. 294. 95.

[2]) Beschrieben z. B. bei HELMHOLTZ, Ebendaselbst S. 288. 89. AUBERT, Physiologie der Netzhaut. S. 159.

[3]) Vgl. auch die Tabellen bei E. WARTMANN, Deuxième mémoire sur le Daltonisme et la Dyschromatopsie. Genève 1849. 4. p. 27. 30. 31.

[4]) Siehe. Der Gebrauch des Spektroskopes S. 110—114.

[5]) HELMHOLTZ, Physiologische Optik S. 279.

rothblindes Auge z. B. sieht nicht helles oder dunkles Rosa, wenn Roth mit Hell- oder Dunkelblau verbunden wird.

§. 548. Man kann diese Mischung an dem Spectroskope nach demselben Principe vornehmen, das HELMHOLTZ [1]) für die von Spectralfarben in dem verdunkelten Zimmer gebrauchte. Man bringt eine mit einem Vförmigen Schlitze versehene geschwärzte Metallplatte hinter der Eintrittsspalte an und dreht das Ansatzstück um die Längsachse der Vorrichtung, bis sich die gewünschten Farbenbezirke der beiden Spectra decken. Ein einfacheres und zweckmässigeres Verfahren besteht darin, dass man das Spectrum des Spectroskopes durch ein doppeltbrechendes Prisma in einer Stellung desselben betrachtet, die zwei Bilder gibt. Diese weichen um so mehr aus einander, je stärker die Doppelbrechung und je dicker das Prisma ist, also mehr bei dem Gebrauche von Kalkspath, als bei dem Quarz und mehr bei der Benutzung des dicken Sénarmont'schen Polarisators, als bei dem eines gewöhnlichen dünnen achromatisirten Kalkspathprismas. Man kann dann beliebige Theile der beiden Spectra durch die Drehung des Hauptschnittes des Prisma zur Deckung bringen [2]).

§. 549. Man kann mittelst der §. 484. erwähnten Vorrichtung untersuchen, wie weit die Farbenerkenntniss unter gegebenen Bedingungen der Grösse der gefärbten Fläche, der Beschaffenheit der Färbung und der Stärke des Lichtes in dem seitlichen Gesichtsfelde oder bei dem indirecten Sehen reicht und wo nur der Eindruck des Hellen auf dunkelem oder des Dunkelen auf hellem Grunde zu Stande kommt. Derselbe Apparat wird noch verfolgen lassen, wie das Auge die an der Eintrittsstelle des Sehnerven vorkommende blinde Stelle und die durch die grösseren Stämme der Centralgefässe der Netzhaut bedingten Lücken durch die Anschauungen der Nachbargebiete zu ergänzen sucht.

---

1) HELMHOLTZ, Ebendaselbst. S. 303. wo auch ein zusammengesetzteres und für manche Fälle genügenderes Verfahren angegeben ist.

2) Ein Verfahren mittelst eingeschalteter Nicol und dünner Glimmer- oder Gypsblättchen, die Ergänzungsfarben genau zu bestimmen, das auch zur Untersuchung von Farbenblinden benutzt werden kann siehe: Der Gebrauch des Spektroskopes S. 110—[illegible] Ausführliche optische Untersuchungen über das Farbensehen Farbenblinder finden sich z. B. bei HERSCHEL, Philosoph. Magazine. Vol. XIX. 1860. p. 148—158. MAXWELL Ebendas. Vol. XXI. 1861. p. 145. 146. HELMHOLTZ, Physiologische Optik. S. 294— POLE, Phil. Transact. 1859. p. 323—339. Ann. de Chimie. Trois. Série. Vol. LIII. 18[illegible] p. 243—56. MAXWELL, Phil. Trans. 1860. p. 78—84. OPPEL, Jahresbericht des physik. Vereins in Frankfurt. 1859—60. S. 70—144 und 1860—1861. S. 42—47. ROSE, Archiv für Ophthalmologie. Bd. VII. 2. S. 73. AUBERT, Physiologie der Netzhaut. S. 182. 1[illegible]

§. 550. Die Dauer der Netzhauteindrücke, wie wir sie §. 536. rachtet haben, geht daraus hervor, dass eine mit dem ursprünghen oder primären Eindrucke gleichartige Empfindung noch nach m Verschwinden von jenem anhält, dass man also ein positives ichbild hat. Negative Nachbilder kommen ebenfalls und ar bei zu grossen Anstrengungen der Netzhaut vor. Sie geben hwarz, wenn die ursprüngliche Erregung Weiss war. Man hat die genannte Contrastfarbe als nachträgliche Empfindung, wenn s ursprüngliche Reizung durch einen farbigen Gegenstand hervorrufen worden. Das Anstarren einer gefärbten Oblate oder der rbig beleuchteten Durchsichtsöffnung eines Schirmes reicht hin, nn es sich nur um die Bestimmung handelt, mit welcher Leichtigit die Netzhaut ermüdet. Genauere Versuche müssen mit den ineren Farben des Spectrums angestellt werden.

§. 551. Die positiven oder die negativen Nachbilder entstehen n der Reizungsstelle selbst. Man hat aber noch den Fall, dass ie farbige Erregung eines Netzhautbezirkes das Farbensehen an nachbarten Orten, wie es BRUECKE passend nennt, inducirt. s ist dieses der schon §. 281. angedeutete Fall, der für die Uebergung der Erregungen in aneinanderstossenden peripherischen rvengebilden zeugen würde, wenn sich sicher beweisen liesse, ss sie nicht in dem centralen Nervensysteme zu Stande kommt d nur peripherisch gedeutet wird. Die von weissem Lichte beahlte oder dunkel gelassene oder überhaupt nur beschattete chbargegend liefert meistentheils die Contrastfarbe des erregenden rbenbezirkes. Grün erscheint in ihr, wenn man Roth ursprünglh sieht. Da diese Art von Versuchen selbst gesunde Augen bei ngerer Fortsetzung anstrengt und ihnen dauernd schaden kann, o ist Vorsicht bei kranken doppelt geboten.

§. 552. Die bis zur Ermüdung fortgesetzte Betrachtung weisser der theilweise gefärbter Drehscheiben erzeugt häufig subjective rbige Liniensysteme für empfindliche Augen. Die gewöhnlichen, it ihnen angestellten Farbenversuche führen nicht selten zur Wahrnehmung negativer Nachbilder oder inducirender Farbenwirkungen. Der Wechsel der Farben endlich, den die Nachbilder selbst bei der ndung durch weisses Licht erzeugen, hängt ebenfalls von dem barkeitszustande der Netzhaut ab.

Es versteht sich von selbst, dass sich alle §. 550 bis 552 dargestellten Erscheinungen für die nähere Erkenntniss der Farbenlindheit verwerthen lassen.

§. 553. Der Nahe- und der Fernpunkt, der Grad des As tismus und die Sehschärfe fallen in der Regel in beiden A eines und desselben Menschen ungleich aus. Man kann na den Unterschied bestimmen, wenn man das erste und das Auge nach den früher beschriebenen Methoden nach einander sucht. Es gibt aber auch Verfahrungsarten, die eine gleich Prüfung möglich machen.

§. 554. Sind beide Augen gleich fern- und scharfsicht liegt ein von ihnen mit derselben Genauigkeit fixirter Punkt Mittelebene, von der die Drehpunkte der zwei Gesichtswerl gleich weit abstehen. Er rückt dagegen nach der Seite des sichtigeren oder des in grösserer Nähe schärfer erkennenden wenn ein Unterschied Statt findet. Bestimmt man den wechs gen Abstand der beiden Drehpunkte und die Entfernung eines von dem fixirten Punkte, so hat man nicht bloss den Unter der zwei von den optischen Eigenthümlichkeiten des betrac Punktes abhängigen Sehweiten, sondern auch die drei Seiten Dreieckes, aus dem sich der die Abweichung messende W unterschied der Neigung der beiden Sehachsen gegen die V dungslinie der Drehpunkte bestimmen lässt. Die durch ihn aus bare Asymmetrie bedingt im Wesentlichen eine Art von Sc bewegung, die bei vollkommen gleich thätigen Augen wegf

Das einfachste Verfahren, den gegenseitigen Abstand der Drehpunkte zu finden, besteht darin, dass man einen une fernen Gegenstand betrachten lässt und die Distanz der Sc punkte der Hornhäute misst. Zwei an einem Maassstabe w seitig verschiebbare Diopterröhren, wie Smee als Visuometer schrieben hat, können zu diesem Zwecke ebenfalls dienen. wird nicht sehr irren,[*] wenn man jeden Drehpunkt um $1^1/_2$ meter oder bei genaueren Messungen um 12 bis 14 Millimeter den Scheitelpunkt der Hornhaut verlegt.

§. 555. Alle Prüfungen, welche die gleichzeitige und g mässige Wirkung beider Augen voraussetzen, fallen natürlic der gewöhnlichen Art des divergirenden Schielens, die Amblyopie des nach aussen abgewandten Auges entstanden is weg. Dasselbe gilt für das convergirende Schielen, wenn Doppelbilder mehr aus optischen oder psychischen Gründen

---

[*]) Eine Abbildung findet sich z. B. in C. G. Th. Ruete, Lehrbuch der (mologie. Braunschweig 1853. 8. Bd. 1. S. 249.

genommen werden [1]). Hat man dagegen Fälle, in denen noch die Richtungslinien der durch die Disharmonie der Netzhautstellungen gegenseitig verschobenen Bilder mit Sicherheit angegeben werden, so bleibt auch die Möglichkeit offen, den Schielwinkel zu bestimmen. Gestattet es die Beschaffenheit der Augen den Versuch so einzurichten, dass die Sehachse des gesunden Auges der Mittelebene parallel dahingeht oder auf der die Drehpunkte beider Gesichtswerkzeuge verbindenden Geraden senkrecht steht, so bildet diese senkrechte Richtung den Ausgangspunkt. Das divergirend schielende Auge liefert dann einen Ueberschuss oder einen positiven Schielwinkel und das convergirende einen negativen. Ist dagegen die Richtungslinie des gesunden Auges unter einem spitzen Winkel gegen die Verbindungslinie der Drehpunkte geneigt, so wird das divergirende Schielen einen grösseren und das convergirende einen kleineren Neigungswinkel liefern. Der die Abweichung messende Unterschied ist also wiederum in dem ersteren Falle positiv und in dem zweiten negativ [2]).

§. 556. Die Spiegelbilder der beiden Hornhäute können den Schielwinkel unabhängig von aller Sehthätigkeit des Kranken bestimmen lassen. Man erzeugt in der Gegend des Scheitelpunktes über jeden der zwei Hornhäute ein Spiegelbild, das als Mire für das Fernrohr eines Theodolithen oder, da es sich hier nur um gröbere Bestimmungen handelt, eines um die senkrechte Achse einer wagerechten Kreistheilung drehbaren Fernrohres oder Diopters dient. Stellt man nun die Achse des Beobachtungsinstrumentes in der Mittelebene auf, während man einen fernen oder nahen in dieser liegenden Punkt fixiren lässt, so wird das divergirende Auge einen grösseren und das convergirende einen kleineren Drehungswinkel des Fernrohres oder Diopters, als das gesunde Auge liefern. Der positive oder negative Unterschied misst wiederum die Grösse der krankhaften Abweichung.

§. 557. Die stereoskopischen Anschauungen lassen sich als Bestimmungsmittel der Thätigkeitsweise beider Augen in mehrfacher Hinsicht verwerthen. Da es sich hier darum handelt, zwei verschiedene perspectivische Projectionen, von denen jede für

---

1) Eine übersichtliche Darstellung der verschiedenen Arten des Schielens und des Zusammenhanges derselben mit Brechungsfehlern und anderen krankhaften Zuständen des Auges gibt Donders, Pogg. Ann. Bd. CXX. 1863. S. 477—485.

2) Ein Strabometer oder eine Vorrichtung, den Grad des Schielens zu messen, beschreibt E. Meyer, Gräfe's Arch. für Ophthalm. Bd. IX. Abth. 3. 1863. S. 215—218.

ein Auge passt, durch die Stellung der Netzhäute so zur Anschauung zu bringen, dass sie auf denselben Ort des Raumes übertragen werden und daher den Eindruck der vollständigen Körperlichkeit hervorrufen, so übernimmt die Beherrschung der Augenbewegungen eine Hauptrolle in dieser Beziehung. Wer seine Gesichtsachsen beliebig convergiren lassen kann, ist im Stande eine gewisse Reihe stereoskopischer Reliefzeichnungen ohne Hilfe eines Stereoskopes körperlich zu sehen. Man kann nur ein mittleres körperliches Bild oder dieses und zugleich die Flächenbilder mit farbigen Zerstreuungskreisen haben. Die Leistungsfähigkeit hängt aber hier nicht bloss von der Gewalt über die Muskelbewegungen und der Augenthätigkeit, sondern auch von der Art der Zeichnung ab. Die gewöhnlich gebrauchten Abbildungen eines abgestutzten Kegels oder Photographieen eines Schädels, einer Büste lassen sich zu einem körperlichen Einheitsbilde leichter verschmelzen, als minder einfache geometrische Gestalten, Landschaftsbilder oder Zeichnungen überhaupt, die viele verschiedene Einzelnheiten enthalten, welche bei Schwankungen der Augenachsen verwirren oder in zweifachen Bildern gesehen werden. Man könnte daher eine Reihenfolge immer schwerer zusammengehörender Zeichnungspaare vorlegen und nach den durch sie gelieferten Anschauungen beurtheilen, in welchem Grade die willkürliche Beherrschung der Augenmuskeln möglich ist und nach Panum's Ausdrucksweise die natürliche oder die bequemste Augenstellung ohne die Unterstützung von Spiegeln, Prismen oder Linsen erreicht wird. Diejenigen Arten von Stereoskopen [1]), bei denen das eine Bild durch einen Schirm für das gleiche oder das entgegengesetzte Auge verdeckt wird und die willkürliche Augenstellung wesentlich nachhelfen muss, dienen ebenfalls zu solchen Prüfungen.

§. 558. Die Lehre von den identischen, gleichwerthigen, übereinstimmenden oder zusammengehörenden Netzhautpunkten oder den Deckstellen der Netzhaut [2]) und die mit ihr innig verbundene Auffassungsweise des Gesichtskreises oder des Horopters [3]) der einfach erblickten Gegenstände bieten zweierlei Seiten dar, eine optische und eine psychologische. Die Frage, ob man an und für sich nur dann mit beiden Augen einfach sieht,

[1]) Siehe z. B. Grundriss der Physiologie. Vierte Auflage. S. 650. 651.

[2]) Hering in Reichert und Du Bois Archiv. 1864. S. 49.

[3]) Claparède, Bibliothèque universelle de Genève. Archives 1858. Tome III. p. 362 — 368.

wenn die zwei Bilder auf identische Netzhautorte im Sinne von STEINBUCH und MÜLLER fallen, mithin so, dass der eine Bildpunkt eben so weit nach aussen von dem Centralloche des gelben Fleckes des einen Auges liegt, als der zweite nach innen von dem des anderen oder beide gleich hoch oder gleich tief in Bezug auf jenes stehen, muss von der geistigen Auffassung der Eindrücke geschieden werden. Die letztere bedingt es, dass wir noch oft Bildpunkte in einer Einheitsanschauung zusammentragen, die nicht identischen Stellen entsprechen, jedoch eine gewisse Unterschiedsgrösse nicht überschreiten. Man hat hier dasselbe, wie bei dem Sehen von Zerstreuungskreisen, die auch erst jenseit einer gewissen Ausdehnung die Auffassung stören. Die Abweichungen von der Identität je nach der Tiefe der Netzhaut, in der der wechselseitige Brennpunkt des Leuchtpunktes liegt, oder je nach der Asymmetrie beider Netzhäute [1]) und die durch die Brechung der nicht sphärischen Augenlinsen erzeugten Unterschiede werden auf diese Weise gewöhnlich nicht bemerkt.

Die stereoskopischen Anschauungen liefern häufige Belege des eben Gesagten. Die zusammengehörenden Bezirke der Zeichnungen und die Deckstellen der Bilder entsprechen nicht Punkten, sondern ein Punkt hat hier als Gegenstück eine Fläche von einer gewissen Ausdehnung. Die Grösse dieses Bezirkes kann mit Verschiedenheit der Augen und der geistigen Auffassung wechseln. Sind die beiden Stereoskopzeichnungen von einander gesondert, so lehrt die Verschiebung der einen, welche Grösse der Nichtidentität ertragen wird, bis die Einheitsanschauung aufhört. Linienpaare mit ungleich grossen wechselseitigen Entfernungen leisten das Gleiche, ohne die Verrückung einer der beiden Zeichnungen.

§. 559. Wie die Phantasie den Bezirk des blinden Fleckes (§. 549.) und die dunkelen Stellen der Centralgefässe durch einen Eindruck auszufüllen sucht, welcher dem der Nachbarschaft entspricht, so wiederholt sich etwas Aehnliches für die stereoskopischen Anschauungen. Hat das eine Bild einer Landschaft an einer Stelle eine Lücke oder eine andere Zeichnung, als das zweite, so bringt die stereoskopische Betrachtung den Unterschied nicht zum Bewusstsein, wenn der abweichende Bezirk seitlich von der Gesichtsachse liegt und eine gewisse Flächenausdehnung nicht überschreitet. Dieser Umstand kann wiederum als Prüfungsmittel verschiedener Augen dienen. Dasselbe gilt von der successiven Auffassung pseudoskopischer An-

[1]) HELMHOLTZ, Arch. für Ophthalmologie. Bd. IX. 1863. S. 189.

schauungen, z. B. der Reliefbilder eines abgestumpften zu- oder abgewandten Kegels, je nach der Vertauschung der Zeichnungen oder je nach der Drehung bei der Halske'schen Einrichtung.

§. 560. Die stereoskopische Betrachtung wird um so unvollkommener, je mehr die Sehkraft beider Augen unter einander abweicht. Die körperliche Auffassung einer Reliefzeichnung bleibt aber auch noch bei dem Sehen mit einem Auge bis zu einem gewissen Grade möglich. Das Stereoskop kann die verhältnissmässige Tüchtigkeit beider Augen auf mehrfache Weise prüfen. Will man gewöhnliche Bilder zu diesem Zwecke benutzen, so wählt man z. B. die Darstellung einer Landschaft, die vorn Bäume und hinten Berge zeigt. Die vollständige perspectivische Verschiebung wird nur bei dem Sehen mit zwei Augen wahrgenommen. Bäume und Berge zeigen sich in einer Fläche, wenn man nur ein Auge benutzt. Nimmt man aber das Bild eines Hauses oder eines Thurmes, so sieht man es beinahe eben so körperlich mit zwei Augen, als mit einem. Bietet man ein weisses Bild dem einen und ein schwarzes dem andern Auge dar, so zeigt sich der Glanz nur bei der Zusammentragung beider Anschauungen zu einem Einheitsbilde. Man kann daher auch diese Erscheinungen diagnostisch verwerthen.

§. 561. Ist die eine stereoskopische Reliefzeichnung anders gefärbt, als die zweite, so hängt das Ergebniss vorzugsweise von dem Anpassungszustande ab. Denken wir uns die Fähigkeiten beider Augen vollkommen gleich, so wird das Auge, welches die rothe Zeichnung scharf sieht, für eine grössere Ferne als das, welches die blaue erblickt, eingestellt sein. Gelangen die zwei Eindrücke gleichzeitig zum Bewusstsein, so scheint die rothe Färbung hinter der blauen zu liegen. Die Aufmerksamkeit kann das eine oder das andere Bild bevorzugen. Die Ungleichheit der beiden Augen macht die mannichfachsten Wechselfälle möglich. Der im Ganzen viel seltenere Eindruck der Mischfarbe wird aber nur bei annähernd gleich weiter Projection der zwei Farbenflächen nach aussen Statt finden. Der Wechsel der Färbungen und die Verschiebung der einen Reliefzeichnung in Bezug auf die andere in wagerechter oder in senkrechter Richtung kann auch hier wiederum die mannichfachsten Aufschlüsse über die Fähigkeiten der Gesichtswerkzeuge liefern. Alle oben erwähnten Erscheinungen wiederholen sich übrigens auch, wenn jedes Auge einen weissen Grund von gehöriger Helligkeit mit einem anders gefärbten Glase betrachtet. Ist das eine Auge schwachsichtig, so erscheint ihm die Ausdehnung des entsprechenden Ab-

schnittes des Gesichtsfeldes kleiner. Dieses Mittel kann auch für die Bestimmung der Sehkraft von Schielenden benutzt werden.

§. 562. Du Bois hat vorgeschlagen, das Stereoskop als Erziehungsmittel für Schielende zu verwerthen. Es ergibt sich aus dem Früheren, dass man nur Zeichnungen der §. 560 erwähnten Art für diesen Fall gebrauchen und das Verfahren überhaupt anwenden kann, wenn noch das schielende Auge die Bilder mit Schärfe auffasst. Die ungleiche Sehweite beider Augen wird dann die Aufstellung der zwei Reliefzeichnungen in verschieden entfernten Ebenen nöthig machen.

Sieht der Schielende oder ein anderer Augenkranker Doppelbilder, so ist es oft von Interesse, die Winkelgrösse, die Richtung oder den Abstand des zweiten Bildes von dem ersten zu bestimmen. Der §. 484. vorgeschlagene Apparat wird eine genauere Ausmessung in dieser Beziehung möglich machen. Graefe bedient sich zu diesem Zwecke einer in numerirte Quadrate getheilten Tafel. Steht das Gesicht des Kranken parallel der Oberfläche derselben in einer bekannten Entfernung und fixirt er mit dem einen Auge ein bestimmtes Quadrat, so gibt er dem Arzte an, welcher Nummer eines anderen Quadrates das Doppelbild entspricht. Man schaltet auch bisweilen ein rothes oder sonst gefärbtes Glas vor dem einen Auge ein, um das eine der Doppelbilder auffallender zu machen.

§. 563. Burow[1]) zieht verschieden gefärbte Gläser zu Hilfe, um die Ausdehnung des unthätigen Bezirkes eines kranken Auges näherungsweise zu bestimmen. Man bewaffnet dieses mit einem gelben, das gesunde Auge dagegen mit einem blauen Brillenglase und lässt den Kreuzungspunkt von acht geraden weissen Linien, die sich auf schwarzem Grunde befinden, fixiren. Diejenigen, die nur mit dem gesunden Auge gesehen werden, erscheinen blau. Die binocular aufgefassten dagegen sollen die Mischfarbe Grün darbieten. Der Wettstreit der beiden Augen wird aber hier Schwankungen in den Angaben des Kranken zur Folge haben.

§. 564. Hat man einen Gegenstand in dem gemeinschaftlichen Gesichtsfelde beider gesunder Augen fixirt und hält ein Prisma in passender Stellung vor das eine Gesichtswerkzeug, so führt zunächst die durch jenes erzeugte Ablenkung zur Entstehung eines Doppelbildes. Compensirende Augenbewegungen bemühen sich oft, dieses

---

[1]) Burow, Archiv für Ophthalmologie. Bd. VI. Abth. I. 1860. 8. S. 106—110.

zu beseitigen. Alle diese Erscheinungen fehlen aber, wenn das eine Auge unthätig ist oder dessen Bilder vernachlässigt werden [1]).

§. 565. Es kann bisweilen von Interesse sein, sich über die Thätigkeit oder die Unthätigkeit des einen Auges auf eine von den Angaben des Kranken unabhängige Weise Aufschluss zu verschaffen. Eine von DOVE bemerkte Erscheinung wird hier am einfachsten zum Ziele führen. Man sieht das umgekehrte Bild eines Hohlspiegels vor der Spiegelfläche bei der Betrachtung mit zwei Augen und an der Letzteren bei der mit einem. Die zwei Bilder, welche ein Kalkspathrhomboëder liefert, scheinen in dem letzteren Falle in einer und in dem ersteren in zwei verschiedenen Ebenen zu liegen. Da die grösstmögliche Ausdehnung des Gesichtskreises oder Horopters bei dem gleichzeitigen Sehen mit zwei Augen beträchtlicher ausfällt, als bei dem mit einem, so können auch Bestimmungen der Grenzen desselben die Schwachsichtigkeit oder Blindheit des einen Auges nachweisen.

§. 566. Die irrigen Deutungen der Eindrücke der Gesichtswerkzeuge in Betreff der Grösse, der Form und der Entfernung, zu denen die Convergenz oder die Divergenz der Sehachsen, der Anblick gerader Striche in verschiedenen Augenmeridianen, der von parallelen, geraden, gewellten oder gezackten Linien, der von solchen, die von anderen Linien durchschnitten werden, die Bewegung bei der Auffassung seitlich gesehener Gegenstände oder der Anblick bewegter Körper während sehr kurzer Zeiten zu verleiten pflegt, können ebenfalls zu Prüfungen gebraucht werden. Da die Darstellung der Einzelnheiten zu weit führen würde, die Deutung von der psychischen Auffassung hin und wieder abhängt und die Untersuchung nur in selteneren Fällen dem Arzte dienen kann, so begnüge ich mich auf die neueren Arbeiten von ZÖLLNER [2]), WUNDT [3]), ROLLET [4]), HERING [5]) und KUNDT [6]) zu verweisen. Eben so beschränke ich

[1]) Ueber die Anwendbarkeit dieser Erscheinungen auf Schielende siehe: A. GRAEFE, Klinische Analyse der Motilitätsstörungen des Auges. Berlin 1858. 8. Vgl. auch RUETE, a. a. O. Bd. II. S. 511—524.

[2]) ZÖLLNER, Pogg. Ann. Bd. CX. 1860. S. 500—524.

[3]) W. WUNDT, Beiträge zur Theorie der Sinneswahrnehmung. Leipzig und Heidelberg 1862. 8.

[4]) ROLLET, Sitzungsberichte der Wiener Akademie. Bd. XLII. 1861. S. 488—502. Moleschott's Untersuchungen. Bd. VIII. 1861. S. 178—194.

[5]) L. HERING, Beiträge zur Physiologie. Hft. 1. und 2. Leipzig 1861. 1862. 8.

[6]) A. KUNDT, Pogg. Ann. Bd. CXX. 1863. S. 118—158.

ich, nur anzudeuten, dass die kleinste Umdrehungsgeschwindigkeit, i der die Bewegung der auf stroboskopischen Scheiben gezeichne- n Figuren ununterbrochen erscheint, die Auffassung der verschie- nen durch diese darstellbaren Zerrbilder oder regelmässiger Er- heinungen bei verzerrten Zeichnungen, überhaupt die mannichfachen n PLATEAU [1]) an seinem Phenakistiskop, Phantoskop und northoskop angestellten Versuche Anhaltspunkte für Maassbe- immungen geben können. Man wird die Gedächtnissstärke für sichtseindrücke nach dem Vorgange von VIERORDT und HEGEL- AYER [2]) bestimmen, wenn man die Längen von Linien, die nur enig unter einander abweichen, nach kürzeren oder längeren Zeit- rischenräumen nach einander vergleichend abschätzen lässt.

§. 567. Gehen wir nun zu den subjectiven Gesichtser- cheinungen über, so können die entoptischen Bilder zu annichfachen Ausmessungen Gelegenheit geben. Stellt man sich e Gesammtwirkung der Brechungskörper des Auges als die einer nzigen Linse vor, so hat diese einen vorderen und einen hinteren auptbrennpunkt (§. 496.), der mit dem des ganzen Gesichtswerkzeuges bereinstimmt. Befindet sich ein Leuchtpunkt in dem vorderen auptbrennpunkte, so gelangen die Strahlen desselben parallel zur etzhaut. Diese verlaufen aber divergirend, wenn sich der Leucht- unkt der Hornhaut nähert, und convergirend, wenn er jenseit des auptbrennpunktes fortrückt. Man kann auf diese Weise die Netz- aut mit einer der drei Arten von Strahlen beleuchten. Undurch- chtige Körper, die auf dem Wege liegen, werfen Schatten auf das rhellte Gesichtsfeld, die mit mehr oder minder unbestimmten Rän- ern gesehen werden. Man bringt diese am besten zur Anschauung, enn man die Strahlen einer Flamme durch eine Sammellinse leitet nd einen mit einer Durchsichtsöffnung versehenen Schirm aufstellt, o sich das reelle Bild der Linse erzeugt [3]). Der blosse Blick in ine helle Leuchtquelle, z. B. eine Gasflamme, die jenseit der Ent- ernung des deutlichen Sehens weit absteht, genügt ebenfalls, die ntoptischen Bilder hervorzurufen. MAUTHNER [4]) zeigte zuerst, dass man diese Erscheinung für die genauere Untersuchung der Brillen-

[1]) PLATEAU, Bulletin de l'Académie de Belgique 1849. Bruxelles 1850. 8. p. 166—170. 1?6—221. 274—283 und 328—334.

[2]) P. HEGELMAYER in Vierordt's Archiv. Bd. XI. 1862. Ergänzungsheft. S. 844—853.

[3]) Eine Abbildung dieser Vorrichtung findet sich z. B. bei HELMHOLTZ, Physiologische Optik. S. 148. Fig. 68.

[4]) MAUTHNER in Moleschott's Untersuchungen. Bd. IX. 1864. S. 257—59.

gläser Kurzsichtiger verwerthen könne. Die entoptischen Gesichtsfelder liegen nämlich in ungleicher Höhe oder zu nahe bei einander, sie decken oder kreuzen sich, wenn sich die Centren der Concavgläser der Brille verschieden hoch oder zu sehr nach innen befinden.

§. 568. Da das Strahlenbündel, welches in das Auge gelangt, von der Regenbogenhaut, wie von einer Blendung begrenzt wird, so fällt dasselbe und eben so das Gesichtsfeld bei erweitertem Sehloche grösser, als bei engem aus. Bringt man ein Mikrometernetz auf dem Wege an, so dass sich der durch die Projection nach aussen vergrössert gesehene Pupillarrand auf jenes projicirt, so kann man die Pupillenveränderung seines eigenen Auges messend verfolgen. Dieses Verfahren verräth zugleich die Unebenheiten des Irisrandes, die ursprünglich vorhanden waren oder durch Krankheit erzeugt wurden [1].

§. 569. Thränenbäche, Schleimmassen, welche die Hornhaut bedecken, Faltungen der letzteren nach dem Reiben oder Drücken der Augenlider, einzelne trübere Stellen in der Substanz der Hornhaut oder der Descemetischen Membran, undurchsichtige oder halbdurchsichtige Körperchen oder sogenannte Binnenobjecte in der wässrigen Feuchtigkeit, der Linse oder dem Glaskörper, undurchsichtige Streifen der Linsenkapsel oder der Masse der Krystalllinse und Blutergüsse vor der Netzhaut lassen sich in dem subjectiven Gesichtsfelde durch dasselbe Verfahren zur Anschauung bringen. Man muss hierbei immer im Auge behalten, dass jedes Flächenbild der Netzhaut, also auch jede flächenhafte Beschattung derselben bei der Verlegung nach aussen, wie bei dem objectiven Sehen in dem Sinne der Richtungslinien umgekehrt und vergrössert wird und die Bestimmung der Oertlichkeit und der Ausdehnung demgemäss verbessern. Dasselbe gilt von allen Bildern, die das Mehrfachsehen mit einem Auge erzeugt und die durch Unregelmässigkeiten der Form oder des Brechungsvermögens einzelner Stellen des Ablenkungskörpers des Auges erzeugt werden [2].

§. 570. Wird der Augengrund von parallelen Strahlen beleuchtet, so entwirft ein im Glaskörper befindlicher undurchsichtiger oder halbdurchsichtiger Körper ein Schattenbild von gleicher Grösse auf der Netzhaut. Divergirende Strahlen liefern ein vergrössertes und convergirende ein verkleinertes Bild. Die Verschiebungen dieses Schatten-

[1]) Eine Zeichnung eines Falles letzterer Art gibt Ruete, a. a. O. Bd. I. S. 291.
[2]) Ad. Fick, Die medicinische Physik. S. 331—339.

bildes bei Bewegungen des Auges oder der Leuchtquelle können im Allgemeinen über den Ort des beschattenden Körpers Aufschluss geben. Alle Gebilde, die in der Ebene der Pupille liegen, ändern ihre Lage nicht, wenn man verschiedene Punkte des entoptischen Gesichtsfeldes nach und nach fixirt. Befinden sie sich hinter der Pupillenebene, so wechselt ihr Ort in gleicher Richtung mit dem Visirpunkte (positive entoptische Parallaxe von Listing). Sind sie vor der Pupille, so ist ihre Bewegung die entgegengesetzte des Visirpunktes (negative entoptische Parallaxe). Lässt man zwei Schatten von einem im Glaskörper befindlichen undurchsichtigen Gebilde entwerfen, so vermag man den Ort desselben genauer zu bestimmen [1]). Man kann sogar die Grösse der Beschattungskörper annähernd berechnen oder wenigstens die Grenzen, die ihre Fläche nicht überschreitet, nach den eben erläuterten Verhältnissen angeben, wenn man ihre scheinbare Grösse und ihre scheinbare Entfernung vom Auge misst und die wahrscheinlichsten Werthe ihres Ortes und die der Constanten des Brechungskörpers des Auges der Bestimmung zum Grunde legt [2]).

§. 571. Diese beweglichen fliegenden Mücken unterscheiden sich dadurch von den festen, die durch Blutergüsse in der Netzhaut oder örtliche Lähmungen derselben entstehen, dass sie den Drehungen des Auges im Sinne der Richtungslinien nicht genau folgen. Ihre Ausdehnung lässt sich wiederum aus ihrer scheinbaren Grösse, ihrer scheinbaren Entfernung und den wahrscheinlichsten Ablenkungsconstanten des Auges berechnen. Die Untersuchung mit dem Augenspiegel kann bei allen sichtbaren örtlichen Netzhautleiden zur Controle dienen.

§. 572. Die Erzeugung der Purkinje'schen Aderfigur durch die Bewegung einer Lichtflamme vor dem in das Dunkle starrenden Auge oder durch die Einleitung eines intensiven Lichtbüschels durch die Sclerotica [3]) wird nicht nur Abweichungen in der Zahl und dem Verlaufe der Stämme der Centralgefässe, sondern auch Blutergüsse und andere undurchsichtige Körper, die sich dicht

---

[1]) Die hierauf fussenden Verfahrungsarten von Brewster, Donders und Duncan sind dargestellt bei Helmholtz, Physiologische Optik S. 162.

[2]) Ueber die praktische Verwerthung dieser Verhältnisse siehe z. B. Appia in dem Recueil des travaux de la société médicale de Genève. I. Genève 1853. 8. p. 248—62.

[3]) Ueber die verschiedenen Verfahrungsarten siehe z. B. H. Müller über die entoptische Wahrnehmung der Netzhautgefässe. Würzburg 1855. 8. S. 5—11.

an und in der Netzhaut befinden, in dem subjectiven Gesichtsfelde zum Vorschein bringen. Sie kann auch bei Kapselstaaren durch diffuse Erleuchtung der Netzhaut zum Vorschein kommen [1]).

§. 573. Da die Gewebtheile der Hornhaut, der Linse und des Glaskörpers nicht vollkommen gleichartig sind und denselben Durchsichtigkeitsgrad darbieten, so geht nicht alles Licht durch sie nach den Gesetzen der regelmässigen Brechung. Ein Theil desselben wird vielmehr zerstreut. Ein dunkler Schirm, der von einem starken Lichte in einem beschränkten Bezirke erleuchtet wird, lässt daher das Uebrige nicht ganz schwarz, wie ohne Beleuchtung, sondern von einem Lichtschimmer bedeckt erscheinen [2]). Diese Wirkung wird mit der Grösse der Ungleichheiten des Baues, vorzugsweise der Hornhaut und der Linse zunehmen. Beginnt die letztere sich zu trüben, so verräth es sich durch die örtlichen Verdunkelungen des subjectiven Gesichtsfeldes bei der Betrachtung des Himmels durch die kleine Oeffnung eines Schirmes früher, als bei der äusseren Untersuchung des Arztes [3]). Lassen die oft strahlig verlaufenden undurchsichtigen Abschnitte der Linse hellere Zwischenräume übrig, so werden jene das Netzhautbild durch eine ihrer Zahl entsprechende Menge von Schatten trennen. Der Kranke kann daher eben so viele Bilder eines intensiven Leuchtpunktes sehen, als gesonderte durchsichtige Stellen vorhanden sind. Es kam vor, dass auf diese Art bis 12 Bilder von einem Auge bemerkt wurden [4]). Aehnliche Erscheinungen können sich bei Hornhauttrübungen wiederholen [5]). Concentrirt man starkes Licht mittelst einer Loupe auf einen beschränkten Bezirk der Hornhaut oder der Linse, so machen sich solche getrübte Stellen durch ein milchweisseres Aussehen, durch eine stärkere diffuse Zurückwerfung kenntlich. Sie wirken auf das subjective Gesichtsfeld, wie undurchsichtige Schirme nach den §. 566. erläuterten Normen.

§. 574. Eine grosse Leichtigkeit des Auftretens der entoptischen Figuren bei dem Sehen nach einem hellen Grunde durch eine kleine Oeffnung oder bei mikroskopischen Beobachtungen, gestattet noch keinen Rückschluss auf eine besorgnisserregende Geneigtheit zu

[1]) Ruete a. a. O. Bd. I. S. 277—278.

[2]) Helmholtz, Physiologische Optik S. 142.

[3]) C. G. Ph. Ruete, Bd. II. S. 656—658.

[4]) Ruete, Ebendaselbst Bd. I. S. 135.

[5]) Die optischen Einflüsse der Hornhauttrübungen erläutert durch Zeichnungen. Ruete a. a. O. S. 238—243.

Krankheiten der Netzhaut. Mikroskopiker können die Perlflecken, die Perlschnüre, die Fäden und Falten in dem hellen Gesichtsfelde seit Jahrzehenden wahrnehmen, ohne dass sich indessen ihre Gesichtsschärfe merklich ändert. Eine regelrechte kraftvolle Thätigkeit und eine krankhafte Reizbarkeit der Netzhaut führen hier das gleiche Hauptergebniss, nur mit dem Unterschiede herbei, dass die Anstrengung in dem ersteren Falle länger als in dem letzteren ausgehalten wird. Dasselbe gilt für die Leichtigkeit, mit welcher der Blutlauf im Auge, die verschiedenen Formen des Accommodationsphosphens, die einzelnen Gestalten der Druckfiguren und der Lichtschattenfigur, die Farben der subjectiven Flammenbilder nach elektrischer Reizung, die farblosen oder die gefärbten, an der primär erregten Stelle oder durch Induction seitlich von ihr wahrgenommenen Nachbilder, die hierher gehörenden farbigen Schatten, der Farbenwechsel bei dem Abklingen einer lebhaften Gesichtserregung und die Gesichtsphantasmen vor dem Einschlafen wahrgenommen werden. Alle diese Erscheinungen ändern sich mit der Erregbarkeit der Netzhaut und dem Empfindlichkeitsgrade für die qualitative und die zeitliche Auffassung verschiedenartiger Eindrücke. Dasselbe gilt für das subjective Farbensehen, das nach manchen Vergiftungen eintritt. Die Wirkung der Santoninpräparate zeichnet sich in dieser Hinsicht vor Allem aus. Weisse Flächen erscheinen gelbgrün. Die Erkenntniss des violetten und des blauen, sowie eine Strecke des rothen Theiles des Spectrums fällt nach E. Rose [1]) fort.

§. 575. Viele gesunde Augen sind nicht im Stande, die Haidinger'schen Büschel oder die Polarisationsbüschel [2]) zu sehen, wenn sie gegen den Himmel durch ein Nicol blicken, sie mögen dieses ruhig halten oder um seine Längsachse drehen. Manche Menschen dagegen erkennen sie schon mit blossem Auge, also ohne die Einschaltung eines Nicol'schen Prisma. Stellte Stockes [3]) die Versuche mit Spectrallicht an, so fand er, dass sie nicht sichtbar

---

1) Siehe das Nähere bei E. Rose, De Santonico. Berolini 1858. 8. und Virchow's Archiv für pathologische Anatomie. Bd. XVIII. 1859. S. 15—33. Bd. XIX. 1860. S. 522—536. Vgl. auch V. Mans, Das Santonin. Marburg 1858. 8. S. 37—41.

2) Farbenabbildungen dieser Büschel, wie man sie in weissem Lichte bei dem Gebrauche eines Nicols und dem einer dichroskopischen Loupe zu sehen pflegt, finden sich in meinem Grundrisse der Physiologie. Vierte Auflage. Braunschweig 1855. 8. Taf. I. Fig. XIV. und XVI.

3) Stockes in Report on the twentieth meeting of the British association. London 1862. 8. p. 20. 21.

waren, wenn er rothes, orangefarbenes oder gelbes Licht brauchte. Ein rothes oder ein braungelbes, hinreichend durchsichtiges Glas vernichtete sie ebenfalls. Die Wahrnehmbarkeit begann erst im Grün und zwar ungefähr bei der Linie *E* des Spectrallichtes. Man erkannte die Büschel immer deutlicher, je mehr man nach dem Blau fortschritt und sah sie sehr klar zwischen *F* und *G*, nicht aber im Violett, doch hier nur aus Mangel an Lichtstärke und nicht der Eigenthümlichkeit der Färbung wegen. Man bemerkt sie bei Kerzenlicht als rothe Büschel, wenn man ein blaues Glas einschaltet. Da diese Farbenbeziehungen in verschiedenen Augen wechseln, so liefern sie ein reiches Feld zu vergleichenden Prüfungen.



Verbesserungen.

Seite	65	Zeile	20	von	oben	statt	schnelle lies nicht schnelle.
-	111	-	6	-	unten	-	der örtlichen lies die örtliche.
-	120	-	10	-	oben	-	Muskelmassen lies Muskelmasse.
-	149	-	1	-	-	-	Lungen- lies Lungen.
-	153	-	10	-	unten	-	Sehnen lies Sehne.
-	220	-	2	-	oben	-	diese lies dieser.
-	259	-	14	-	unten	-	§. 447 lies §. 457.
-	261	-	9	-	-	-	14 bis 15 lies 7 bis 8.

Gedruckt bei E. Polz in Leipzig.

VERSUCH

EINER

PHYSIOLOGISCHEN PATHOLOGIE

DER

NERVEN.

VON

G. VALENTIN.

ZWEITE ABTHEILUNG.

BESONDERER THEIL.

LEIPZIG UND HEIDELBERG.
C. F. WINTER'SCHE VERLAGSHANDLUNG.
1864.

IV. Besondere Verhältnisse der einzelnen Nerven.

. Empfindungs- und Bewegungsfasern der Nerven und Beziehungen derselben zu dem centralen Nervensysteme.

a) Rückenmarksnerven.

§. 576. Wie jede Untersuchung von dem Leichteren zu dem ſchwereren fortschreitet, so begann auch die Erforschung der Thätigkeiten der Bewegungsnerven mit der Ermittelung der Einflüsse derselben auf die quergestreiften Muskelmassen. Die späteren über die Beziehungen zu den einfachen Muskeln, den Blutgefässen und den Drüsen angestellten Forschungen führten bisweilen zu Ergebnissen, die manche frühere Annahme berichtigten. Es fand sich, dass einzelne Nervenstämme, die man bisher für rein empfindlich gehalten hatte, Bewegungsfasern einfacher Verkürzungsgebilde einschliessen. Der Augenast des dreigetheilten Nerven z. B. kann als ein reiner Empfindungsnerv nur gelten, wenn man den Begriff der Bewegungsnerven auf die Beherrschung der rothen Muskeln beschränkt. Er erscheint dagegen gemischt, so wie man noch die Verkürzungsgebilde der Blutgefässe des Auges und der Gänge der Thränendrüse, also alle Arten von Bewegungseinflüssen berücksichtigt.

§. 577. Es ist vorläufig nicht möglich, den Verlauf der Gefäss- und der Drüsennerven von ihrem Austritte aus dem centralen Nervensysteme bis zu ihrem peripherischen Ende vollständig zu verfolgen. Man verfährt daher sicherer, wenn man diese Gruppe von Nervenfasern gesondert behandelt und sich zuvörderst nur mit den Empfindungs- und denjenigen Bewegungsnerven beschäftigt, die quergestreifte Muskelfasern beherrschen. Spricht man bei dieser Betrachtung von bewegenden Fasern, so bezieht sich dieses nie auf einfache Muskelmassen, so lange nicht das Gegentheil ausdrücklich bemerkt wird. Ein sogenannter reiner Empfindungsnerv kann dann immer noch Bewegungsfasern für einfache Muskelmassen enthalten.

§. 578. Das Bell'sche Symmetriegesetz, dass die hinteren Wurzeln der Rückenmarksnerven nur aus empfindenden und die vorderen einzig und allein aus bewegenden Fasern zusammengesetzt werden, gilt für alle bis jetzt untersuchten Typen der Wirbelthiere und für einzelne Wirbellose, wie den Flusskrebs, den Hummer und manche Schnecken. Dieselbe Norm kehrt daher auch unzweifelhaft in dem Menschen wieder. Kommen dessenungeachtet reine Empfindungs- oder Bewegungsstörungen der von Rückenmarksnerven beherrschten Theile seltener, als gemischte vor, so lässt sich dieses aus den Nebenverhältnissen erklären. Man darf nicht vergessen, dass die Sonderung des Rückenmarkes in Hinter-, Seiten- und Vorderstränge der Wirklichkeit nicht entspricht. Sie ist nur an der Oberfläche, nicht aber in dem Innern vorhanden. Erscheinen auch die den Hintersträngen zugetheilten Bezirke empfindlich und die den Vordersträngen zugeschriebenen Abschnitte bewegend, so kann doch ein organisches Rückenmarksleiden aus einem dieser Gebiete in das andere nicht scharf abgegrenzte leicht hinübergreifen. Etwas Aehnliches wird im verlängerten Marke und in vielen Theilen des kleinen und des grossen Gehirns, wo functionell verschiedene Gebilde noch enger zusammengedrängt sind, um so eher wiederkehren. Bedenkt man ferner, dass die Rückenmarksnerven zu den gemischten Stämmen längs des grössten Theiles ihres Verlaufes gehören, so ist hierdurch der Erzeugungsbezirk einseitiger Störungen noch mehr eingeschränkt. Wir kennen die Thätigkeiten des centralen Nervensystemes zu wenig, als dass sich die Orte reiner Empfindungsleiden, besonders in dem verlängerten Marke und dem Gehirn in der Mehrzahl der Fälle mit Sicherheit voraussagen liessen. Wir werden sehen, dass die Bewegungsnerven etwas günstigere Verhältnisse in dieser Beziehung darbieten. Das peripherische Nervensystem aber besitzt nur dreierlei Bezirke, deren Krankheiten reine Störungen der einen oder der anderen Thätigkeit erzeugen. Viele Stämme, die zwischen den Aponeurosen und der äusseren Haut verlaufen, sind blosse Empfindungsnerven, wenn man die einfachen Muskelmassen nicht berücksichtigt. Einzelne Aeste scheinen nur in den Muskeln zu endigen. Die Wurzeln der Rückenmarksnerven endlich bilden das dritte peripherische Gebiet, das einseitige Leiden zu erzeugen im Stande ist.

§. 579. Die zurücklaufende Empfindlichkeit oder die recurrente Sensibilität schränkt die Ausdehnung desselben merklich ein. Sie rührt wahrscheinlich davon her, dass Empfindungs-

fasern einer jeden hinteren Wurzel, die den Nervenknoten derselben durchsetzt haben, gegen den peripherischen Abschnitt der vorderen Wurzeln hinübergehen, hier nach kurzem Verlaufe umbiegen und in den gemischten Stamm des Rückenmarksnerven eintreten. Schneidet man also die vordere Wurzel ungefähr in der Mitte ihrer Länge durch, so ist der centrale mit dem Rückenmarke zusammenhängende Abschnitt unempfindlich, der peripherische dagegen empfindlich. Die unversehrte vordere Wurzel eines Säugethieres kann daher auch trotz des Bell'schen Gesetzes Schmerz erzeugen. Da aber alle Empfindlichkeit derselben nach der Durchschneidung der hinteren Wurzeln verloren geht, so folgt, dass die rücklaufende Empfindlichkeit von keiner Beziehung der vorderen Wurzeln zu centralen Empfindungsgebilden herrührt. Die hintere Wurzel kann zwar Bewegungen durch die Reflexthätigkeit des Rückenmarkes, nicht aber ohne diese hervorrufen. Hat man sie dicht am Rückenmarke durchschnitten, so fehlen alle Muskelbewegungen nach der mechanischen Reizung des peripherischen Abschnittes. Reine Empfindungsstörungen können daher in Folge von Leiden irgend einer Stelle des Verlaufes der hinteren, blosse Aenderungen der Bewegungsthätigkeiten dagegen nur nach Krankheiten der centralen Abtheilung der vorderen Wurzel auftreten.

§. 580. Hat man die vorderen Wurzeln der zu den Hinterbeinen des Frosches gehenden Nerven, also die des siebenten, achten und neunten und der Vorsicht wegen auch die des zehnten Rückenmarksnerven an der rechten und die gleichen hinteren Wurzeln an der linken Seite durchschnitten, so findet man, dass die Muskeln des rechten Hinterbeines für den Willenseinfluss des Thieres vollständig gelähmt sind. Die einmal ausgestreckte Extremität bleibt in dieser Lage. Das Thier schleppt sie bei seinen Bewegungen wie einen todten Anhang mit sich. Die Haut dagegen hat ihre Empfindlichkeit vollständig bewahrt. Sticht man sie, so ruht das Glied, dem sie angehört. Die übrigen Theile aber liefern willkürliche oder Reflexbewegungen. Untersucht man das Bein, dessen hintere Nervenwurzeln getrennt worden, so sieht man, dass die Empfindlichkeit vollkommen erloschen ist. Man kann den Fuss in einer Kerzenflamme verbrennen, ohne dass das Thier es merkt. Es beherrscht dagegen alle Muskeln des Gliedes nach seinem Willenseinflusse. Die genauere Betrachtung der Ortsbewegungen desselben zeigt bisweilen einzelne Unregelmässigkeiten. Diese rühren aber nur von dem Mangel des Tastsinnes her, dessen Mitwirkung im Allgemeinen

um so nothwendiger wird, je verwickelter die Gruppirung und die Reihenfolge der verschiedenen thätigen Muskeln bei einer bestimmten Art von Sprung- oder Schwimmbewegung ausfallen. Die allmählige Reizung der einzelnen vorderen Nervenwurzeln des Gliedes kann unmittelbar beweisen, dass noch die Gesammtsumme derselben alle Muskeln des Gliedes beherrscht. Kaninchen und Hunde führen zu ähnlichen Ergebnissen.

§. 581. Die Blosslegung des Rückenmarkes kann verschiedenartige Thätigkeitsstörungen in Fröschen und Säugethieren nach sich ziehen, je nachdem die Trennung der Wirbelbogen mit einer stärkeren oder einer schwächeren Rückenmarkserschütterung verbunden war und die durch die Verletzung der Sinus und der Knochenmasse erzeugte beträchtliche Blutung nachtheilig eingegriffen hat. Man hat eine Erhöhung der Empfänglichkeit in einzelnen und eine Abnahme derselben in anderen Fällen. Der rasche Austritt der Cerebrospinalflüssigkeit führt nicht selten zu ähnlichen Erscheinungen, zu Muskelzittern und selbst zu ausgedehnteren Krämpfen. Alle diese Störungen schwinden nach einiger Zeit. Säugethiere und Frösche können Wochen und Monate lang mit blossgelegtem Rückenmarke fortleben. Die Trepanation der Wirbelsäule des Menschen dürfte hiernach mehr Aussicht auf Erfolg haben, als die gegenwärtige Chirurgie annimmt. Will man ganz reine Ergebnisse für die Wurzeln der Rückenmarksnerven, besonders der Säugethiere erhalten, so trennt man sie erst einen oder mehrere Tage nach der Blosslegung des Rückenmarkes.

§. 582. Die blossen Empfindungslähmungen der unteren Gliedmaassen des Menschen bieten die beiden §. 580. erwähnten Hauptmerkmale ebenfalls dar. Das Auffassungsvermögen der Eindrücke war in einzelnen Fällen so vollständig vernichtet, dass der an dem Kamine eingeschlafene Kranke, der noch seine Beine willkürlich zu bewegen im Stande war, nicht aufwachte, als er sich die Füsse zu Kohle verbrannte, oder eine Kranke sich, ohne es zu bemerken, die Füsse durch ein zu warmes Fussbad so verletzte, dass sich später Geschwüre an einzelnen Stellen derselben erzeugten. Menschen, die an Empfindungslähmung der unteren Gliedmaassen leiden, benehmen sich bei dem Gehen, dem Laufen und dem Springen ungeschickter und fühlen sich dabei unsicherer, als Gesunde. Man darf aber aus diesem Zeichen allein nicht schliessen, dass eine vollständige oder theilweise Muskellähmung gleichzeitig vorhanden sei. Die noch mögliche Willkürbewegung verräth sich oft dadurch, dass solche Kranke eine Bewegung, die ihnen in aufrechter Stellung

unmöglich ist, während des Sitzens oder des Liegens ausführen und auf jedem beliebigen Verkürzungsgrade hemmen können.

§. 583. Der Mangel des Empfindungsvermögens führt noch zu Täuschungen der Auffassung. Ist die ganze Haut der Fusssohle halb gelähmt, so nimmt der Mensch den Druck der Körperlast bei dem Stehen unvollkommener, als unter regelrechten Verhältnissen wahr. Er hat daher das Gefühl, als befände sich eine Wasserblase unter seiner Fusssohle. Halblähmungen der Finger erzeugen oft die Empfindung als sei Wolle oder ein ähnlicher nachgiebiger Körper zwischen den Fingerspitzen und dem betasteten Gegenstande eingeschaltet. Der Ausdruck des Pelzigwerdens rührt von dieser Täuschung her. Ist die Empfindlichkeit eines Theiles der Haut ganz geschwunden, so trägt, wie gewöhnlich, der Mensch seinen Fehler auf andere über und glaubt eine Lücke des berührten Gegenstandes zu fühlen, wo die unempfindlichen Theile diesen betasten. Eine andere Reihe von Täuschungen rührt vermuthlich von der Aufeinanderfolge ungleich starker Eindrücke an verschiedenen Stellen her. Hat man einen Bezirk der oberen Hälfte des Oberschenkels mit einem Bande umschnürt, so bedingen es wahrscheinlich der Puls und bisweilen andere Wechselerscheinungen, dass der den Schenkel- und den Hüftnerven treffende Druck bald die eine und bald die andere Primitivfaser kräftiger erregt oder eine nachdrücklichere Empfindung erzeugt. Wir fassen aber diesen successiven Wechsel der Orte der stärksten Empfindung als Bewegung auf und bezeichnen daher die Erscheinung als Ameisenlaufen oder mit ähnlichen Ausdrücken.

§. 584. Das Gesetz der peripherischen Deutung ergibt sich schon aus dem eben erwähnten Versuche. Es bestätigt sich in den Integritätsgefühlen der Amputirten (§. 430.) und in einer von ROMBERG [1]) mitgetheilten Erfahrung, die gewissermaassen zwischen diesem Falle und den Zuständen des unversehrten Menschen in der Mitte steht. Eine nicht wiederhergestellte Lücke des Hüftnerven einer Frau, die eines Neuromes wegen operirt worden, hatte Gefühllosigkeit des Fusses zur Folge. Die Kranke empfand diesen aber, wenn man den Oberschenkel oberhalb der Narbe umschnürte, also den centralen Abschnitt des Hüftnerven drückte. Da die peripherische Deutung nicht mangelt, wenn beide

---

[1]) M. H. ROMBERG, Lehrbuch der Nervenkrankheiten des Menschen. Berlin 1840. 8. S. 208. und STILLING, Physiologische, pathologische und medicinisch-praktische Untersuchungen über die Spinal-Irritation. Leipzig 1840. 8. S. 124. 125.

Arme oder beide Beine verloren gegangen, da sie trotz aller Gegenzeugnisse des Bewusstseins fortdauert, so ergibt sich, dass sie nicht von einer oberflächlichen willkürlichen Beurtheilungsweise, sondern von tieferen Gründen herrührt. Man kann sich vorstellen, dass irgend eine Einrichtung in dem centralen Nervensysteme das Bild einer Mosaik hervorruft, deren einzelne Stücke dem peripherischen Endverlaufe entsprechen. Geht auch ein Theil des Gliedes verloren, so bleibt doch die centrale Mosaik erhalten. Diese fehlt dagegen wahrscheinlicherweise häufig in entsprechendem Maasse, wenn sich die Gliedstücke im Embryo gar nicht entwickelt haben. Die Integration mangelt in der That oft in solchen Verstümmelten, während sie bei den Amputirten immer vorkommt.

Zwei Eigenthümlichkeiten machen sich hierbei geltend. Die Endstücke des Gliedes, also die Hand oder der Fuss werden am deutlichsten wahrgenommen. Die gewöhnlichen Empfindungen beschränken sich sogar oft nur auf eine oder mehrere Zehen oder die Ferse. Der Amputirte verlegt nicht selten die Endtheile an unrichtige Orte. Er schreibt eine gebogene Stellung dem fehlenden Stücke zu, wenn sich dieses während der vorangegangenen Krankheit in einer ähnlichen Lage befunden hat. Es kann auch vorkommen, dass sich ihm das Glied nach der Ablösung im Laufe der Zeit zu verkürzen scheint. Alle Integrationsgefühle sprechen sich überdiess im Allgemeinen in intelligenteren und empfindlicheren Menschen schärfer aus. Feinfühlendere Personen haben sie immer. Ein Druck auf den Stumpf oder Witterungsänderungen verstärken sie und dehnen sie über andere Theile als die Endstücke aus. Minder empfindliche Menschen nehmen sie nur unter solchen ungewöhnlichen Verhältnissen wahr.

§. 585. Die peripherische Deutung schliesst keineswegs die Möglichkeit aus, dass auch Schmerzen längs des Verlaufes des Nervenstammes gefühlt werden. Dieses tritt aber nur ein, wenn sehr heftige Erregungen rasch wirken. Stossen wir uns an den Ellenbogen, so schiesst der Schmerz längs eines Theiles des Ellenbogennerven dahin. Drücken wir diesen allmählig immer stärker, so fühlen wir nur das Ameisenlaufen in dem kleinen Finger, dem Ringfinger und der Ulnarseite des Mittelfingers. Bringen wir die Ellenbogengegend in Eis oder in eine Kältemischung, so hat man diese Empfindung allein im Anfange, besonders wenn sich die Theile nicht zu plötzlich abkühlen. Wirkt dagegen die niedere Temperatur zu schnell oder zu kraftvoll ein, so tritt ein heftiger Schmerz, der

sich von der Ellenbogengegend längs des Vorderarmtheiles des Ellenbogennerven hinzieht und sich nicht selten mit einer krampfhaften Zusammenziehung und einem eigenthümlichen Gefühle derselben verbindet, nachdrücklicher, als das Ameisenlaufen und selbst das Gefühl der Starrheit der Finger hervor.

§. 586. Die Neuralgieen der praktischen Heilkunde bilden ein äusseres Zeichen der verschiedensten Krankheitszustände, von denen viele nicht ursprünglich von dem Nervenstamme ausgehen. Eine gebührende Kritik lässt sie daher nur als Folge einzelner anderer Leiden auffassen. Man hat dem Gesetze der peripherischen Deutung zu Liebe mit Unrecht geläugnet, dass der Schmerz längs eines Nervenstammes bei einem neuralgischen Anfalle blitzähnlich dahinschiessen könne. Er soll überdiess nach VALLEIX [1]) an gewissen sonst nicht nothwendigerweise schmerzhaften Punkten, wie der Austrittsstelle eines Nerven aus einem Knochencanale, einer Muskelmasse oder einer Aponeurose oder anderen örtlichen, plötzlichen und starken Eingriffen leichter ausgesetzten Orten am nachdrücklichsten auftreten.

Das meist peripherisch fortschreitende Vorschiessen in dem Nerven selbst widerspricht nicht nothwendigerweise den Vorstellungen, die man sich über die Zwischenrolle der Nerven macht (§. 99. fgg.). Irrige Deutungen kommen übrigens hierbei häufig vor. Kranke mit Ischias geben nicht selten das Hinabschiessen in einer Richtung an, die dem Laufe des Hüftnerven und seiner so häufigen hohen Spaltung in den Schien- und den Wadenbeinnerven keineswegs entspricht. Die Unsicherheit, mit der sich der Ort des Schmerzes erkennen lässt, kann es begünstigen, dass der Arzt unrichtige Antworten durch Hineinfragen bekommt.

§. 587. Die regelwidrigen Veränderungen der Nervenelemente eines Körperbezirkes schwanken natürlich möglicherweise innerhalb der ganzen Quantitätsscala von dem Leiden einer einzelnen Primitivfaser bis zu dem der Gesammtsumme derselben. Die Empfindungsnerven lassen im Allgemeinen beschränkte Störungen leicht erkennen. Dieses wiederholt sich aber nicht immer für die Bewegungsfasern. Man hat zwar nur das Leiden eines dünnen Astes, wenn einzelne Bündel des Kreismuskels des Augenlides oder anderer Gesichtsmuskeln in Hysterischen und in erregbaren Personen überhaupt

---

1) Siehe z. B. HASSE, Krankheiten des Nervenapparates in Virchow's Handbuch. Bd. IV. Abth. I. Erlangen 1855. 8. S. 47.

zucken. Allein die Erkenntniss einer sehr beschränkten Lähmung der Muskeln des Rumpfes und der Glieder wird im Allgemeinen um so schwieriger, je beschränkter die Zahl der unthätigen Primitivfasern ist. Versorgen sie einen Muskel ausschliesslich, so gibt dieser natürlich den nöthigen Aufschluss. Empfängt er dagegen noch andere gesunde Nervenzweige, so muss man die §. 373. und §. 390. fgg. erläuterten Prüfungswege einschlagen.

§. 588. Nur ärztliche Beobachtungen können die Beziehungen der Empfindlichkeit der einzelnen Hautstellen des Menschen zu den verschiedenen Nervenstämmen in genügender Weise bestimmen. Will man z. B. in einem Säugethiere erfahren, welche Hautbezirke jeder der Stämme des Achselgeflechtes versorgt, so durchschneidet man einen nach dem anderen und ermittelt hierauf, in welcher Ausdehnung jedes Mal die Tastempfänglichkeit gänzlich verloren gegangen ist und wo sie nur abgestumpft worden. Eine auf diese Art zu entwerfende Karte der äusseren Oberfläche des Menschen, auf der die gewöhnlichen Verhältnisse und die Varietäten verzeichnet sind, liesse sich nach und nach entwerfen, wenn die Chirurgen die Untersuchungen der Tastwerkzeuge nach Nervendurchschneidungen und die Mediciner die Bestimmung der kranken Tastbezirke bei örtlichen von peripherischen Ursachen herrührenden Empfindlichkeitsstörungen mit der nöthigen Sorgfalt vornehmen wollten.

§. 589. Eine andere Art von Prüfungen wird sich für den Menschen schwerer durchführen lassen. Die an Säugethieren angestellten Beobachtungen lehren, dass bisweilen ein höher abgehender Ast empfindlicher als der tiefere Stamm ist. Die enthaupteten Thiere zeigen, dass die Erregung der Haut die Reflexbewegungen leichter, als die der Nervenstämme hervorruft. Etwas Aehnliches kann sich im Leben wiederholen. Der Husten wird am leichtesten durch die Reizung der Kehlkopfschleimhaut und ohne viele Mühe durch die des oberen Kehlkopfzweiges des herumschweifenden Nerven z. B. im Hunde erzeugt. Die Ansprache des Halsstammes des Vagus dagegen versagt häufig in dieser Beziehung. Er ist in der Mitte des Halses weniger empfindlich, als der obere Kehlkopfzweig, nachdem dessen Primitivfasern aus ihm abgegangen sind. Die Durchschneidung des Grenzstranges des sympathischen Nerven führt in der Regel noch weniger zu Schmerzensäusserungen, als die des mittleren oder des unteren Abschnittes des Halsvagus. Die Empfindlichkeit entspricht überhaupt nicht immer der Dicke des angegriffenen gemischten Nervenstammes. Die Verschiedenheit der peripherischen Verbreitung

zu empfindlicheren oder minder empfindlichen Theilen und der Abgang der Zweige an den mannichfachen Orten bedingen es mit einem Worte, wie sich die einzelnen Stellen und die Verästelungen desselben Stammes zu krankhaften Eingriffen verhalten. Ist es auch nicht möglich, diese Erscheinungen im Menschen vollständig zu verfolgen, so könnten doch aufmerksame Chirurgen ein nicht unbedeutendes topographisches Material in dieser Hinsicht liefern.

§. 590. Man hat bis jetzt noch nicht die Untersuchungen, die HALLER über die empfindlichen und die unempfindlichen Theile der Säugethiere anstellte und die ihn zu seiner Reizbarkeitslehre führten, mit der nöthigen Ausdauer für den Menschen wiederholt. Es handelt sich hierbei nicht bloss um die Angabe, welche Theile Schmerz erzeugen können und welche nicht, sondern auch, welche ihn ohne Weiteres und welche ihn erst dann möglich machen, wenn sie sich durch die Blosslegung und durch mehrfache Reizungen verändert haben. Verwundungen und Quetschungen der Haut, der Bekleidungen der Sinneswerkzeuge, der Ueberzüge der Mundhöhle, des weichen Gaumens, des Rachens, des Kehlkopfes, der Ausführungsgänge der Harn- und der Geschlechtswerkzeuge mit Einschluss des Gebärmuttermundes und des von den Afterschliessern umgebenen Schleimhautringes führen immer nach SCHIFF [1]) in den Säugethieren zu lebhaften Schmerzensäusserungen. Die Empfindlichkeit der Luftröhre, der Speiseröhre, des Magens und des Darmes dagegen ist bedeutend geringer. Ein Druck oder Zug, der die Muskeln, die Aponeurosen, die Sehnen, die Beinhaut, das Bauchfell oder die Masse der Nieren trifft, erzeugt nur unter ungewöhnlichen Bedingungen Schmerzensäusserungen. Diese treten dagegen bei Verletzungen der harten Hirnhaut und der Spinnwebenhaut, des Gehirns und des Rückenmarkes, des Knochenmarkes, der schwammigen Knochenmasse, der Speicheldrüsen und der Saugaderdrüsen des Halses häufig auf.

§. 591. Die subjectiven Reactionen der Empfindungsnerven tragen meist das Gepräge mechanischer Tasteindrücke, die sich bei stärkeren Einwirkungen zu Schmerzen steigern. Allein auch die thermischen Wirkungen fehlen nicht gänzlich. Das Ueberfahren der Nackenhaut mit den steifen Haaren einer Bürste erzeugt z. B. leicht das Gefühl von Kälte, das sich über den Rücken weiter verbreitet. Alle Ursachen, welche die einfachen Muskelfasern der

---

[1]) M. SCHIFF, Lehrbuch der Physiologie. Bd. I. Lahr 1859. 8. S. 152. 153.

Haut zu Verkürzungen anregen, scheinen auch jenes Kältegefühl leicht hervorzurufen. Der Fieberfrost ist wahrscheinlich Nichts, als die subjective peripherische Deutung einer ihrem Wesen nach noch unbekannten Veränderung in dem centralen Nervensysteme. Er besteht, wenn selbst die Eigenwärme 2° bis 3° C. über die Norm gleichzeitig steigt. Ein Druck auf die Wirbel des kranken Bezirkes führt bisweilen zu Frostempfindungen bei der Spinalirritation [1]). Genauere Untersuchungen müssen entscheiden, ob auch Hitzegefühle vorkommen, ohne dass die wärmeerzeugenden Ursachen thätiger als sonst sind.

§. 592. Krankheitserzeugnisse, wie Neurome, Geschwülste der Nachbargegend, Eiterungen, die auf einen Nerven wirken, können die furchtbarsten Schmerzen in einem und beinahe vollkommene Schmerzlosigkeit in einem anderen Falle zur Folge haben. Dieser Unterschied erklärt sich aus der in dem zweiten Abschnitte dieses Werkes gegebenen Theorie der Nervenwirkung und den sie bestätigenden physiologischen Erfahrungen über örtliche Nervenstörungen. Soll der Schmerz zum Vorschein kommen, so muss eine schwache Erregung sehr rasch eingreifen, um eine starke lebendige Kraft zum Vorschein zu bringen. Eine heftige Reizung kann zum Theil die geringere Schnelligkeit durch die Kraftgrösse der Einwirkung ausgleichen. Eine Geschwulst bleibt daher schmerzlos, wenn der den Nerven treffende Druck erst im Laufe von Tagen oder Wochen allmählig anwächst. Führen dagegen der Blutlauf oder andere Nebenbedingungen raschere Aenderungen des Markes herbei, so stellen sich Schmerzen ein. Ihre Grösse kann nicht bloss vermöge des Wachsthums der erregenden Ursache, sondern auch durch die sich allmählig erhöhende Beweglichkeit der Nerventheilchen zunehmen.

§. 593. Untersucht man die Empfindlichkeit der Nervenknoten des Sympathicus der Säugethiere und der aus ihnen hervorgehenden Aeste, so findet man, dass sie mit der durch die Misshandlung hervorgerufenen stärkeren Blutfüllung der Theile wächst. Bestreicht man einen Stamm des Achselgeflechtes mit Terpentinöl, so erscheint dieser Bezirk einige Zeit darauf geröthet und schmerzhaft, ohne dass desshalb die Empfindlichkeit der dem Stamme entsprechenden Endgebilde merklich zuzunehmen braucht [2]). Solche örtliche Blutüberfüllungen können die heftigsten Schmerzen in Theilen herbei-

[1]) Stilling, a. a. O. S. 38.
[2]) Vgl. Schiff, a. a. O. S. 154.

führen, die eine weit geringere Empfindlichkeit unter gewöhnlichen Verhältnissen verrathen. Der Eindruck, den die Durchsägung der Knochen während der Amputation des Unterschenkels auf den Kranken macht, steht in keinem Verhältnisse zu den furchtbaren Leiden, welche Eiterungen in der Markmasse des Schienbeines erzeugen. Die heftigen Schmerzen bei Magenkrämpfen, Koliken, Magen-, Darm- und Nierenentzündungen gehören ebenfalls hierher. Alle diese früher unerklärlichen Thatsachen lassen sich auf eine Hauptursache, auf die Abnahme des inneren Widerstandes (§. 207.) zurückführen. Ist dieser geringer, so fällt auch die Wirkung unter sonst gleichen Verhältnissen grösser aus. Dient der Bezirk des verkleinerten inneren Widerstandes zur Durchleitung der Erregung, so setzt er im Allgemeinen auch den äusseren Widerstand herab und wirkt hierbei nach Maassgabe der Summe seiner Nerventheile, also vorzugsweise seiner Längenausdehnung. Beträgt diese einen geringen Bruchtheil des Gesammtverlaufes, so fällt auch die hierdurch bedingte Veränderung klein aus. Es erklärt sich hieraus, wesshalb ein örtlich mit Blut überfüllter Empfindungsnerv an der kranken Stelle empfindlicher erscheint, einen geringeren regelwidrigen Einfluss dagegen auf die Durchleitung der von den Endbezirken kommenden Reizung ausübt.

§. 594. Die grössere Beweglichkeit der Markmoleculle der peripherischen oder der centralen Primitivfasern führt zu den Merkmalen der Ueberempfindlichkeit oder der Hyperästhesie. Eine erhöhte Thätigkeit der Ganglienkugeln kann sie möglicherweise begünstigen. Die zahlreichen Hyperästhesieen, welche die verschiedensten Verletzungen des Rückenmarkes (§. 597.) oder des verlängerten Markes hervorrufen, rühren vorzugsweise von vorübergehenden Zustandsänderungen der grauen Massen her, welche die Durchleitung und daher die Wirkung auf die centralen Erreger der Empfindungen erleichtern.

§. 595. Die Nerventrennung beseitigt natürlich nur dann eine von einer örtlichen Ursache abhängende Neuralgie, wenn die Durchschnittsstelle zwischen den leidenden Bezirk und das centrale Nervensystem fällt. Die Schnelligkeit, mit der sich die Nerven in warmblütigen Geschöpfen wiedererzeugen, erklärt es, wesshalb so oft die Schmerzen nicht lange nach der Operation selbst in diesem Falle wiederkehren. Dieser Uebelstand würde häufig vermieden, wenn sich die Chirurgie eines Verfahrens bediente, das die Physiologie schon seit einigen Jahrzehenden angegeben hat.

§. 596. Liegen einander die zwei Querschnittsflächen eines getrennten Nerven gerade oder schief gegenüber, so wächst im Allgemeinen die Wahrscheinlichkeit der Wiedererzeugung mit der Kürze der zwischen ihnen befindlichen Lücke. Dieses führte zu der alten physiologischen Regel, ein möglichst grosses Stück des Nerven zu entfernen, wenn man dessen Wiedererzeugung verhüten will. Es kann hierbei immer noch vorkommen, dass die Ausschwitzungsmasse die beiden Nervenenden vereinigt und die in ihr sich entwickelnden Primitivfasern die Verbindung zwischen den alten herstellen. Drückt man dagegen das peripherische Stück des Nervenstammes mit der Pincette kräftig zusammen, dreht es dann um seine Längsachse, biegt es hakenförmig um und näht es allenfalls der Sicherheit wegen an einen Nachbartheil z. B. einen Muskel an, so befestigen es die späteren Ausschwitzungen in dieser Lage. Der Querschnitt des centralen Theiles des Nerven findet keinen freien Querschnitt des peripherischen sich gegenüber und die Wiederherstellung bleibt dann mit Sicherheit aus. Muss man dieses Verfahren bei Nerventrennungen, welche Neuralgieen dauernd heilen sollen, befolgen, so fordert der Fall, in dem die Wiederherstellung beabsichtigt wird, z. B. die Ausrottung von Neuromen, dass man die Nervenlücke möglichst klein macht, den unteren Nervenquerschnitt dem oberen, so nahe als es angeht, zuführt und beide einander parallel zu erhalten sucht, bis sie die Ausschwitzung wechselseitig verbunden hat.

§. 597. SCHIFF[1]) fand, dass ein Kaninchen, ein Hund oder eine Katze, in der man die Hinterstränge des Rückenmarkes getrennt hat, Erregungen der hinter der Schnittfläche liegenden Theile, die im gesunden Zustande nicht bemerkt werden, mit Schmerzenslauten und Fluchtversuchen beantwortet. Diese übermässige Empfänglichkeit nimmt einige Zeit nach dem Eingriffe zu und späterhin ab, so dass zuletzt eine geringere Empfänglichkeit übrig bleibt. Die Gebilde, deren Wirkung auf diese Art verändert worden, büssen ihre Empfindlichkeit bei dem Aetherisiren am spätesten ein und gewinnen sie wiederum bei der Erholung am frühesten wieder. Hat man die eine Hälfte des Rückenmarkes z. B. in der Halsgegend durchschnitten, so verrathen nach SCHIFF und BROWN-SÉQUARD die hinter der Wunde liegenden und bisweilen auch einzelne der vor ihr befindlichen Theile derselben Seitenhälfte einen ähnlichen erst steigenden und später fallenden

[1]) SCHIFF, a. a. O. S. 239.

Gang der Hyperästhesie, wie er nach der Trennung der Hinterstränge für beide Seitenhälften des Körpers zum Vorschein kommt. Die Empfindlichkeit der entgegengesetzten Seitenhälfte scheint hier stumpfer zu werden. Schwächt man das operirte Kaninchen durch Blutverlust, so zeigt sich nach SCHIFF[1]) die eigenthümliche Erscheinung, dass nicht die hyperästhetische, sondern die der Verletzung entgegengesetzte Seitenhälfte Tastwirkungen genauer beantwortet, das Umgekehrte dagegen für bedeutende Druckgrössen Statt findet. Dieses erinnert an die im Menschen beobachteten Fälle, in denen jede Art von Tastgefühl oder angeblich nur die Wahrnehmbarkeit der mechanischen, nicht aber der thermischen[2]) Eindrücke mangelte, die Fähigkeit der Schmerzensempfindung aber erhalten war. Man kann sich jene Erscheinungen durch die Annahme erklären, dass die Molecüle der Nervenfasern oder der Ganglienkugeln der verletzten Seite schwerer in Bewegung gesetzt werden, aber einmal bewegt, stärker, als unter regelrechten Verhältnissen ausschlagen.

§. 598. Da die Hyperästhesie ihre grösste Höhe am Ende eines ersten und ihre kleinste an dem eines zweiten Zeitraumes erreicht, wenn auch die Rückenmarksverletzung indessen fortbesteht, so kann sie nicht von dieser an und für sich, sondern muss von einer zuerst wachsenden und dann wiederum abnehmenden durch den Eingriff erzeugten krankhaften Veränderung, vorzugsweise der Hinterstränge, herrühren. Diese Auffassung wird noch dadurch unterstützt, dass die Zeichen der Ueberempfindlichkeit bisweilen nach Trennungen anderer Theile des Rückenmarkes, als der Hinterstränge vorkommen. Man darf daher keine dauernde Hyperästhesie im Menschen erwarten, wenn keine reizende Ursache fortwährend anhält. Die periodischen Anfälle der Neuralgieen rühren wahrscheinlich von ähnlichen, von Zeit zu Zeit eingreifenden Erregungen her.

§. 599. Die Unempfindlichkeit der der Rückenmarksverletzung entgegengesetzten Körperhälfte ist in den verschiedenen Thieren so ungleich ausgesprochen, dass man sie als keine ihrer Grösse nach beständige oder als keine sichere Wirkung überhaupt betrachten darf. Sie kann daher auch nicht eine Kreuzung der Empfindungsfasern im Rückenmarke beweisen und viel weniger die anatomisch

1) SCHIFF, a. a. O. S. 260.
2) PUCHELT bei HASSE, a. a. O. S. 101.

darstellbaren seitlichen Kreuzungen längs des verlängerten Markes widerlegen, wie BROWN-SÉQUARD[1]) glaubte.

§. 600. Die Durchschneidung des ganzen Rückenmarkes bis auf die Hinterstränge hebt die Empfindungsleitung nicht auf. Diese erhält sich aber auch, so wie nur noch eine kleine Brücke der centralen grauen Masse oder ein Theil der Hinterhörner unversehrt geblieben. Sie scheint dagegen zu fehlen, wenn man die Vorderhörner allein geschont hat. Hieraus folgt, dass die Empfindungserregung durch einen beliebigen Theil der grauen Masse der Mitte oder der Hörner des Rückenmarkes durchschlagen und daher verschiedene Wege verfolgen kann, ohne ihr Ziel zu verfehlen. Man hat hier eine andere Norm als in den Primitivfasern, deren Markcylinder die Hauptrichtung der Bahn unter den gewöhnlichen Verhältnissen vorschreibt.

§. 601. Die graue Substanz, welche die Empfindungserregungen leitet und die man daher auch die ästhesodische Masse nannte, ist an und für sich unempfindlich. Man legt das Rückenmark eines grossen Frosches bloss und entfernt die hintere Markmasse eine Strecke weit oben und unten. Die zwei auf diese Art blossgelegten Abschnitte der grauen Substanz sind vollkommen unempfindlich, der zwischen den beiden Verletzungsstellen befindliche Abschnitt der Hinterstränge dagegen empfindlich. Trägt man nun die frei liegenden grauen Massen so sehr als möglich ab, so dass die weissen Vorderstränge den Boden der Vertiefungen bilden, so fehlt jetzt die Empfindlichkeit in dem zwischen ihnen liegenden Abschnitte der Hinterstränge.

§. 602. Diese Thatsachen lehren, dass man keine Art von Hyperästhesie als die blosse Folge einer angeblich leichteren Schmerzhaftigkeit der grauen Masse des Rückenmarkes ansehen darf. Die Ganglienkugeln können höchstens einen geringeren Widerstand der Durchleitung entgegensetzen und den Ausschlag auf diese Weise mittelbar vergrössern. Eine übergrosse Empfindlichkeit oder die Anwesenheit des Empfindungsvermögens überhaupt zeigt an, dass möglicher Weise ein grosser Theil, nicht aber ein vollständiger Querschnitt der grauen Masse des Rückenmarkes des Kranken oberhalb der Eintrittsstelle der entsprechenden hinteren Nervenwurzeln

---

[1]) Siehe z. B. C. E. BROWN-SÉQUARD, Course of Lectures on the Physiology and Pathology of the Central Nervous System. Philadelphia 1860. 8. p. 19. 51. 197—199. 240. Vgl. schon dagegen SCHIFF, a. a. O. S. 272. 273 und 312. 313.

unthätig geworden. Da die Trennung der Hinterstränge längs einer nicht unbedeutenden Längenstrecke des unteren Hals- oder des Brustmarkes die Empfindlichkeitsleitung für die hinteren Gliedmaassen der Säugethiere nicht aufhebt, die Erregung also an den verschiedensten Rückenmarksbezirken überspringen kann, so lässt sich voraussehen, dass eine vollständige Entartung eines langen Stückes der grauen Masse und selbst der Vorderstränge des Rückenmarkes des Menschen die Möglichkeit einer regelrechten oder einer übergrossen Empfindlichkeit nicht ausschliesst. Sie bleibt auch erhalten, wenn die Markstränge eine Strecke weit unthätig geworden, eine Brücke wirksamer grauer Substanz dagegen gesund geblieben. Die an Thieren gemachten Erfahrungen lehrten, dass die Eindrücke merklich später zu Stande kommen, so wie die Reizung durch ein kleines Volumen der grauen Masse durchschlagen muss. Es lässt sich erwarten, dass das Gleiche in dem Menschen wiederkehren wird. Die §. 386.) angegebene Vorrichtung kann zur Ausmessung der Erscheinungen dienen. Hat z. B. das Leiden die unteren Gliedmaassen ergriffen, so braucht man nur immer den Anfang der Reizung und den der Empfindung, das eine Mal für eine Stelle des Beines und das andere Mal für eine solche des Armes auf dem sich drehenden Cylinder aufzeichnen zu lassen, um den Unterschied der Dauer der verborgenen Erregung unmittelbar abzulesen. Er wird hier so gross ausfallen, dass die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Nervenerregung ihm gegenüber nicht in Betracht kommt. Das Hauptergebniss leidet daher nicht merklich, wenn auch die erregte Stelle des Beines weiter von dem Gehirn entfernt liegt, als die des Armes. Wäre man unsicher, so liesse sich eine annähernde theoretische Verbesserung nach den §. 176. angegebenen Werthen einführen.

§. 603. Diejenigen Theile der Hinterstränge, in welchen die Verlängerungen der eben eingetretenen Primitivfasern der hinteren Nervenwurzeln gegen die graue Masse verlaufen, besitzen die verhältnissmässig grösste Empfindlichkeit in den Fröschen und den Säugethieren. Die Zwischenbezirke, in denen nur Faserbündel der Länge nach gegen das Gehirn emporsteigen, sind jedenfalls weniger erregbar. SCHIFF[1]) fand sogar am Halsmarke der Säugethiere, wo die Nervenwurzeln weiter aus einander stehen, dass alle Empfindlichkeit jenen Gegenden fehlte. Diese Thatsachen ergeben als Regel, dass die Aufmerksamkeit bei Hyperästhesieen in erster Linie auf

---

[1]) SCHIFF, a. a. O. S. 237. 238. 250.

diejenigen Stellen des Rückenmarkes zu richten ist, die nahe über den Eintrittsstellen der Wurzeln der leidenden Nerven und zwar meist ungefähr bis zwei oder drei Wirbel höher liegen.

§. 604. Viele Verletzungen des verlängerten Markes und des Gehirns führen ebenfalls zu Hyperästhesie derselben oder beider Seiten. Leben die Thiere lang genug, so findet man, dass sich die Ueberempfindlichkeit auch hier nach einiger Zeit verliert und mithin nicht von der Verletzung an und für sich, sondern von einem durch sie erzeugten anfänglichen Reizzustande herrührt.

§. 605. Geht man von dem mittleren Halsmarke eines Säugethieres nach dem verlängerten Marke über, so muss man nach SCHIFF [1]) die Markmasse um so mehr nach aussen durchschneiden, je weiter man hinaufkommt oder in den Bezirk des verlängerten Markes selbst eintritt, wenn die Hyperästhesie an der der Verletzung entsprechenden Seitenhälfte zum Vorschein kommen soll. Sie rührt also nicht von den strickförmigen Körpern, sondern von den Keilsträngen und den Seitensträngen her. Man erhält sie auch nach der Trennung der einen Seitenhälfte des verlängerten Markes oder der Brücke ohne Verletzung der Wurzelfäden der dreigetheilten Nerven. Sie tritt in diesem Falle am Kopfe vorübergehender, als an den Gliedern auf [2]). Man bemerkt sie endlich noch für einige Zeit nach der Durchschneidung eines mittleren Kleinhirnschenkels, eines Grosshirnschenkels oder der in der Nachbarschaft desselben befindlichen Abtheilung eines Sehhügels.

§. 606. Die Leichenöffnungen von Säugethieren, in denen sich eine solche Hyperästhesie bis kurz vor dem Tode erhalten hatte, zeigen häufig keine Spur von Entzündungsmerkmalen oder nur von Blutüberfüllung an den Verletzungsstellen des Gehirns und des Rückenmarkes. Das Mikroskop weist eben so wenig Veränderungen des Markes der Primitivfasern oder der Ganglienkugeln mit Sicherheit nach. Der die Ueberempfindlichkeit erzeugende Reizzustand liegt daher in Ursachen, zu deren Erforschung uns vorläufig die Untersuchungsmittel fehlen. Man kann sich vorstellen, dass die krankhafte Empfänglichkeit von einer Gleichgewichtsstörung der wirksamen Theile herrührt, die sich zuerst steigend und dann fallend geltend macht und zuletzt ihren Einfluss gänzlich verliert, ungefähr wie auch sonst die Zeit und die Uebung viele Unvollkommenheiten

[1]) SCHIFF, a. a. O. S. 301.
[2]) SCHIFF, a. a. O. S. 304. 350. 351.

nach und nach beseitigen. Dem sei wie ihm wolle, so ergeben sich aus diesen Thatsachen mehrere für die praktische Heilkunde nicht unwichtige Folgerungen.

§. 607. Man darf nicht erwarten, die Ursache hysterischer oder anderer von den Centralwerkzeugen des Nervensystemes ausgehender Hyperästhesieen durch die Leichenöffnung in jedem Falle nachweisen zu können. Die so oft gemachte Annahme, dass der centrale Sitz des Leidens blutüberfüllt, entzündet oder sonst sichtlich krank sein müsse, ist nicht begründet. Eine schmerzhafte Stelle in der Gegend eines der Dornfortsätze der Wirbel muss im Allgemeinen anders beurtheilt werden, als dieses häufig geschieht. Da die benachbarten Rückenmuskeln und die Haut ebenfalls überempfindlich zu sein pflegen [1]), so folgt zunächst, dass die entsprechenden hinteren Aeste der Rückenmarksnerven leiden, das Rückenmark also, wenn es den Sitz des Uebels bildet, auch im Bereiche der zwei bis drei höheren Wirbel und nicht nothwendig nur in dem Niveau der Berührungsstelle krank ist. Man täuscht sich aber, wenn man glaubt, dass man einen überempfindlichen Bezirk des Rückenmarkes durch einen Druck längs der Dornfortsätze oder der Wirbelbogen und der sie bedeckenden Muskeln zu erkennen im Stande ist. Nur die ungewöhnliche Schmerzhaftigkeit der Knochen, der Bänder, der Muskeln oder der Haut verräth sich bei diesem Verfahren. Wir haben §. 593. gesehen, dass ein mit Blut überfüllter Bezirk eines Nervenstammes überempfindlich erscheint, die Durchleitung der Erregungen von der Peripherie dagegen keine entsprechenden Abweichungen darbietet. Wiederholte sich das Gleiche für das centrale Nervensystem, so könnte eine blutüberfüllte aus irgend einer Ursache anhaltend gereizte Stelle des Rückenmarkes eine bloss subjective und keine objective Hyperästhesie zur Folge haben. Der Kranke würde also über Schmerzen in einem bestimmten Bezirke der Haut oder eines anderen Theiles klagen, dieser aber nicht in gleichem Maasse für objective Erregungen überempfindlich erscheinen. Mag sich ein solcher Unterschied geltend machen oder nicht, so kann sich der Sitz der Hyperästhesie an einer Stelle des centralen Nervensystemes befinden, die von der scheinbar überempfindlichen mehr oder minder entfernt liegt.

§. 608. Die Hyperästhesie der Hysterischen erzeugt häufig die furchtbarsten Schmerzen in den Gelenken, vorzugsweise im Kniee

---

[1]) STILLING, Spinalirritation. S. 29.

Die Amputation beseitigt natürlich das Uebel nicht[1]). Diese Erscheinung unterstützt die Ansicht (§. 584.), dass eine Mosaik der peripherischen Nervenverbreitung in dem centralen Nervensysteme auf irgend eine Art hergestellt ist. Man darf eine objective Hyperästhesie neben der subjectiven erwarten, wenn die Ueberempfindlichkeit von der Mosaik der Hautnerven ausgeht. Sie wird dagegen fehlen, so wie die tieferen Nerven der Gelenktheile leiden. Das Zusammenfallen der subjectiven und der objectiven Ueberempfindlichkeit darf nicht zu chirurgischen Eingriffen verleiten, wenn die örtlichen Zeichen eines organischen Gelenkleidens mangeln. Das Vorübergehen der centralen Reizzustände lässt oft solche Nervenkrankheiten plötzlich oder allmählig aufhören[2]).

§. 609. Die Verbreitung der Hyperästhesie über Nachbarbezirke z. B. über die Haut der Brust, wenn der Arm allein früher schmerzte, kann von einer peripherischen Ursache, wie z. B. der allmähligen Ausdehnung der blutüberfüllten Gegenden herrühren oder von einer Vergrösserung der Empfänglichkeit der centralen gereizten Stellen abhängen. Die Physiologie besitzt bis jetzt keine Erfahrungen, aus denen man das oft sonderbare Auftreten der Ueberempfindlichkeit entfernter Theile erklären könnte. Wenn z. B. ein Mensch einen Schmerz in dem einen Knöchel nach der Ueberladung des Magens spürte und sich dieser nach der Wirkung eines Brechmittels verlor, so fehlt noch jeder Anhaltspunkt, die Ursache dieses eigenthümlichen Zusammenhanges anzugeben.

§. 610. Kraftvolle Gegenwirkungen mässigen bisweilen die Ueberempfindlichkeit. Ein starker auf die Wangenhaut wirkender Druck kann Zahnschmerzen und selbst den Gesichtsschmerz mildern. Der Schmerzensmangel oder die Analgesie bildet eine noch merkwürdigere Erscheinung. Der mit Aether oder Chloroform betäubte Kranke fühlt den Zahnschlüssel, der sein Zahnfleisch berührt, oder das Messer, das seine Haut durchschneidet. Die mit dem Eingriffe verbundenen Schmerzen machen sich dagegen für sein Bewusstsein nicht geltend. Etwas Aehnliches wiederholt sich bisweilen im Beginne der Lähmungen z. B. nach Bleivergiftungen und bei Leiden des centralen Nervensystemes der verschiedensten Art.

[1]) Vgl. mein Lehrbuch der Physiologie. Bd. II. Abth. II. S. 711. Hirsch, Spinal-Neurosen. S. 78. Marshall Hall, On the Diseases and Derangements of the Nervous System. London 1841. 8. p. 302.

[2]) Vgl. z. B. B. C. Brodie, Vorlesungen über örtliche Nervenleiden. Uebersetzt von Kürschner. Marburg 1838. 8. S. 34.

Hysterische verlieren oft einen grossen Theil der Empfindungswirkungen einzelner Körpertheile. Kräftige mechanische oder thermische Reize, welche die Haut derselben treffen, werden unvollkommener oder gar nicht wahrgenommen. Die Vorderhälfte der Zunge erkennt nicht, was sauer oder gesalzen ist. Das Geruchsvermögen hat für viele Riechstoffe abgenommen. Die stärksten elektrischen Schläge erzeugen heftige Krämpfe, aber gar keine oder keine unangenehmen Empfindungen. Die Kranke näht aber noch geschickt, wenn auch das Leiden die oberen Gliedmassen ergriffen hat. Sie steht sicher, wenn es die Beine befiel, tastet fein mit der Zungenspitze und riecht manche Körper, und zwar häufig solche, die Anderen unangenehm sind, mit eben so viel Schärfe als Wohlbehagen. Ein Arzt, dessen Fingerspitzen einen Nadelstich nicht mehr spürten, vermochte noch mit diesen den Puls seiner Kranken zu fühlen [1]).

§. 611. Man erzeugt nach SCHIFF [2]) den Schmerzmangel in Säugethieren, wenn man die gesammte centrale graue Substanz mit oder ohne die Vorderstränge durchschneidet und daher der Durchgang der Leitung durch die weisse Masse und die grauen Hörnertheile der Hinterstränge erzwingt. Hat man z. B. eine Stelle der Mitte des Brustmarkes auf diese Weise verletzt, so verräth das Thier die leise Berührung oder das Kitzeln der Fusssohle eines Hinterbeines durch Schreien oder durch Gegenbewegungen. Ein starker Druck lässt es vollkommen ruhig. Es ergibt sich aber aus dem früher Dargestellten, dass man den Satz nicht umkehren darf. Das Tastgefühl geht nicht durch eine örtlich beschränkte Zerstörung der Hinterstränge verloren, während die Schmerzensempfindung erhalten bleibt. Die Leitung auf Umwegen durch die graue Masse kann vielmehr die Tasteindrücke der Säugethiere erhalten und sie höchstens abstumpfen oder vorzugsweise verlangsamen. Man hat auch eine nicht geringe Zahl von Fällen im Menschen beobachtet, in denen das Tastgefühl nicht geschwunden war, obgleich später die Leichenöffnung ausgedehnte Entartungen eines oder der beiden Hinterstränge des Rückenmarkes nachwies [3]).

---

1) SCHIFF, a. a. O. S. 253.

2) SCHIFF, a. a. O. S. 252.

3) Siehe z. B. die Zusammenstellung bei BROWN-SÉQUARD Lectures. 1860. p. 55—74. Der Fall von LUYS (p. 66. 67.), wo der Mangel an Tastgefühl neben Hyperästhesie und starker Schmerzensempfindung bei Entartung der Hinterstränge auftrat, widerspricht zum Theil, wie man sieht, den an Thieren gewonnenen Erfahrungen. Vgl. auch p. 126. 127. 136. 137.

§. 612. Die Reflexbewegungen lehren ebenfalls, dass es einen Zustand des centralen Nervensystemes gibt, der ausgedehntere Wirkungen nach leisen und rasch wiederholten, als nach heftigen Reizungen erzeugt. Ist die Empfänglichkeit eines frisch getödteten Thieres bis zu einem gewissen Grade gesunken, so führt das Kitzeln leichter zu Reflexbewegungen, als ein starker Druck. Eine empfindliche Stelle der Wirbelsäule bei Spinalirritation wird bisweilen durch die Bewegung eines nassen Schwammes leichter, als durch das kräftige Drücken des Fingers entdeckt.

§. 613. Da die Abnahme oder der Mangel der Empfindlichkeit, die unvollständige oder die vollkommene Anästhesie eine Hyperästhesie mit negativen Vorzeichen bildet, so wiederholen sich auch viele Beziehungen für beide, nur zum Theil in entgegengesetzten Richtungen. Was früher über die Beweglichkeit der Molecüle und der Ganglienkugeln bemerkt wurde, gilt auch in umgekehrtem Sinne für die Unempfindlichkeit. Die Beziehungen der centralen grauen Masse zur Leitung der Eindrücke, die Verzögerung der Wirkung mit der Abnahme der noch thätigen grauen Substanz bei Entartungen des Rückenmarkes und der Einfluss der Hinterstränge desselben auf die Wahrnehmung überhaupt machen sich auch hier geltend. Die tiefergreifenden Zerstörungen des Markes lassen sich zwar bei Anästhesieen eher nachweisen, unsere gegenwärtigen anatomischen und chemischen Prüfungsmittel reichen aber oft genug nicht hin, die dann Statt findenden feineren Veränderungen der Nervenfasern, geschweige denn die der Ganglienkugeln aufzufinden.

§. 614. Will man den Grad der Unempfindlichkeit eines Theiles der äusseren Haut genau kennen lernen, so muss man sie so vielseitig, als möglich prüfen und daher die §. 418 fgg. dargestellten Ausmessungen möglichst zu erschöpfen suchen. Man wird dabei immer abwechselnd von der empfindlicheren zur unempfindlicheren Stelle und umgekehrt fortschreiten, um sich vor Täuschungen sicher zu stellen. Die Grenze beider bietet fast immer einen Bezirk mittlerer Empfindlichkeit dar. Rückt man mit den Spitzen des Tastcirkels von der gesunden Hautstelle nach der kranken, so erweitert sich die scheinbare Entfernung derselben, ehe die Empfindung aufhört (§. 429.). Verfolgt man den umgekehrten Weg, so wird man sich an dem Grenzbezirk leichter täuschen, weil hier die unvollkommenere Empfindung anfängt. Die Angabe von Türk, dass man den unempfindlichen Bezirk für grösser hält, wenn man von der

gesunden zur gefühllosen Hautstelle übergeht, scheint davon herzurühren, dass die minder scharfe Auffassung der gegenseitigen Entfernung der Zirkelspitzen als Empfindungsmangel gedeutet wurde.

§. 615. Die bei gleichzeitigen Lähmungen der Gefässnerven vorhandene geringere Widerstandsfähigkeit der Gewebe gebietet besondere Vorsicht bei dem Gebrauche thermischer und chemischer Erregungen, weil hier wässerige Ausschwitzungen, eiterige oder brandige Zerstörungen leichter, als unter gesunden Verhältnissen erzeugt werden. Hat man aber solche Unannehmlichkeiten nicht zu befürchten, so sollte man immer Eis eben so gut als warmes Wasser zur Prüfung benutzen, weil halbgelähmte Nerven für niedere und für hohe Wärmegrade in ungleichem Maasse empfindlich sind. Die elektrischen Reize können mit dem Magnetelektromotor beginnen, den man in zweierlei Weise verwendet. Indem man den Moderator verschieden einstellt oder die Inductionsspirale in wechselnde Entfernungen von der inducirenden bringt, untersucht man zunächst, welche Stärke des Inductionsstromes empfunden und welche noch grössere ertragen wird. Die zweite Prüfungsart besteht darin, dass man den Anker des Hammerwerkes höher oder tiefer stellt und so den Einfluss der grösseren oder der geringeren Menge der der Zeiteinheit entsprechenden Schliessungs- und Oeffnungsströme untersucht. Ist dieses geschehen, so prüft man die Wirkung der beiden entgegengesetzten Stromesrichtungen einer galvanischen Kette. Steht der §. 363. beschriebene Disjunctor oder ein anderer ähnlicher Apparat zu Gebote, so kann man eine grössere Zahl stets gleichgerichteter Ketten- oder Inductionsströme benutzen. Beständige Ströme von grosser Stärke dürfen bei unvollkommenen Empfindungslähmungen nur mit Vorsicht gebraucht werden, weil sie die Nervenwirkung noch mehr herabsetzen können. Es wird von der Grösse der Unempfindlichkeit abhängen, ob man nur die Haut mit den Poldräthen berührt oder die Elektrodennadeln bis zu den tiefer gelegenen Theilen einsticht. Da die Ergebnisse aller dieser Prüfungen von den Antworten des Kranken abhängen und dieser dabei bewusst oder unbewusst täuschen kann, so wird man auch die Untersuchung der Reflexempfindlichkeit in jedem Falle zu Hilfe ziehen.

§. 616. Die peripherische Deutung (§. 584.) bedingt es häufig, dass sich eine subjective Ueberempfindlichkeit und eine objective Unempfindlichkeit wechselseitig decken und der Kranke über die heftigsten Schmerzen in den empfindungslosen Theilen klagt. Man kann bisweilen die Wirkung jener Norm für die genauere Erkenntniss

des Leidens benutzen. Schreitet z. B. eine Rückenmarksentartung von unten nach oben fort, so dass ein Reizzustand dem Thätigkeitsverluste vorangeht, so wird eine peripherisch gedeutete Ueberempfindlichkeit anzeigen, bis zu welcher Höhe des Rückenmarkes die Entartung vorgedrungen ist. Der Kranke fühlt dann heftige in den Gliedmaassen dahinschiessende Schmerzen, Druck in der Harnblase, dem Mastdarm und dem Becken überhaupt und hat die Empfindung eines schmerzhaften Gürtels um den Unterleib oder die Brust je nach Verschiedenheit der leidenden Stelle des Rückenmarkes. Die anhaltende schwache Erregung der Hinterstränge durch krankhafte Vorgänge erzeugt nicht selten subjective Gefühle, welche in die entsprechenden Hautbezirke genau oder annähernd verlegt werden. Sind die Eindrücke unter sich ungleich, so wird Ameisenlaufen wahrgenommen (§. 583.). Die Unbestimmtheit der Auffassung führt auch oft zu anderen Deutungen. Subjective Kälteoder Hitzegefühle kommen hierbei am häufigsten vor.

§. 617. Die Stockung der Blutbewegung kann eine Empfindungslähmung zur Folge haben. Ist die Zufuhr des Blutes zu einem Gliede gänzlich gehemmt, so verliert sich noch ausserdem die Fähigkeit der Muskelzusammenziehung. Minder kräftige Eingriffe vermögen schon die Verhältnisse der Empfindungen wesentlich zu ändern. Die von GÜNSBURG und LEUDET[1]) hervorgehobenen neuralgischen Beschwerden, die bisweilen in Schwindsüchtigen auftreten, und die mannichfachen Nervenleiden der Bleichsüchtigen hängen wahrscheinlich mit den Einflüssen der regelwidrigen Blutmischung auf das Nervensystem zusammen. Die Physiologie ist aber vorläufig noch nicht im Stande, die Mechanik dieser Störungen genauer anzugeben. Leidet ein einziges Glied an einer reinen Empfindungslähmung, die keinen peripherischen Ursprung hat, so wird man zunächst an eine Entartung der entsprechenden hinteren Nervenwurzeln oder der Fortsetzungen derselben bis zu deren Eintrittsstellen in die graue Masse des Rückenmarkes denken müssen. Jede irgend ausgedehntere Zerstörung desselben müsste auch die Empfindlichkeit der anderen Gliedmaasse herabsetzen oder Muskellähmungen zur Folge haben. Liegt die Ursache nicht im Rückenmarke, so kann das Leiden von den empfindenden Bezirken des verlängerten Markes, der Brücke, der Grosshirnschenkel und der Markstrahlungen der letzteren herrühren. Wir werden sehen, dass

[1]) LEUDET, Archives générales Févr. 1864. p. 150—172.

die Physiologie sicherere Erkenntnissmittel nur dann zu Gebote stellt, wenn zugleich Bewegungsstörungen vorhanden sind. Sollte eine Empfindungslähmung beider oberen oder beider unteren Gliedmaassen von einem Rückenmarksleiden bedingt werden, so müsste nicht bloss ein entsprechender Abschnitt der Hinterstränge, sondern auch die ganze ästhesodische Masse, also auch die der Vorderhörner zerstört sein. Man sieht, dass dann auch meist Bewegungslähmungen auftreten würden.

§. 618. Wie die centrale Mosaik das Gesetz der peripherischen Deutung zur Folge hat, so kann sich das Umgekehrte bei Leiden des centralen Nervensystemes kundgeben. Man sieht schon bei halbseitig Gelähmten, dass sie ihren unthätigen Arm erst nach einigem Suchen mit dem gesunden nicht bloss bei geschlossenen, sondern selbst bei offenen Augen finden, weil ihnen das Bewusstsein jener Körperabschnitte zu einem grossen Theile verloren gegangen. Dasselbe wiederholt sich bei Hirnerweichungen. Man darf annehmen, dass die centrale Mosaik in solchen Fällen gelittten hat. Sorgfältige Leichenöffnungen könnten in dieser Hinsicht eine Topographie liefern, welche die Physiologie der Natur der Sache nach nie wird geben können.

§. 619. Es kommt bisweilen vor, dass sich die Unempfindlichkeit eines benachbarten oder eines entfernten Theiles zu einer Neuralgie hinzugesellt. Man hat diese Erscheinung mit dem Namen der Reflexanästhesie bezeichnet[1]). Es ist aber kein Anhaltpunkt für eine begründete Voraussetzung einer Reflexthätigkeit in diesem Falle vorhanden. Folgt eine Unempfindlichkeit der beiden unteren Gliedmaassen einer Ischias oder eine solche des Armes einer Cervicobrachialneuralgie, so bilden beide wahrscheinlich nur den Ausdruck des örtlichen Fortschrittes des Nervenleidens. Dasselbe wiederholt sich, wenn sich Infiltration und theilweise Unempfindlichkeit der Gesichtshaut oder Gesichtsschmerz mit einer Lähmung des Antlitznerven verbinden.

§. 620. Das Kind lernt allmählig die für bestimmte Stellungen und Bewegungen nöthige Verbindung der thätigen Muskeln finden und den einem gegebenen Zwecke entsprechenden Verkürzungsgrad herstellen. Eine klare Erkenntniss dieser Wirkungsweise fehlt aber dem Menschen und den Thieren zu allen Lebensaltern. Das Wort Instinct und die wissenschaftlichen Ausdrücke der Muskel-

---

[1]) Brown-Séquard, a. a. O. p. 165. 166.

gefühle oder der Bewegungsideen von STEINBUCH[1]) dürfen nicht zu der Ansicht verleiten, dass hierbei ein bewusster Gedankengang thätig eingreift. Wir ändern sogleich die Lage des Schwerpunktes in passender Weise, so wie uns die Gefahr des Umfallens droht, ohne dass wir die mechanischen Gesetze, die hier angewendet werden, kennen oder an sie, wenn sie uns auch geläufig sind, in dem gegebenen Augenblicke denken. Der Mensch regelt die Zusammenziehungen der Gesichtsmuskeln nach Maassgabe des Dranges der Leidenschaften oder der Berechnung, der Redner oder der Sänger die Wirkungen seiner Stimmmusculatur, der Schreiber, der Zeichner oder der Musiker die Bewegungen der Finger und der Tänzer die der Füsse, ohne auch nur die thätigen Theile, über die er mit solcher Vollkommenheit gebietet, zu kennen, geschweige denn deren Verbindungen zu berechnen. Man hat mit einem Worte die mannichfachsten, den verwickeltesten physikalischen Aufgaben genügenden Handlungen, die mit einer Virtuosität vollführt werden, mit der häufig die wissenschaftliche Erkenntniss zu wetteifern nicht im Stande ist. Die Unmöglichkeit, die Verwickelung des Baues und der Wirkungen der Elementartheile des centralen Nervensystemes zu übersehen, wird es wahrscheinlich immer hindern, die hier zum Grunde liegende Mechanik mit der nöthigen Klarheit kennen zu lernen. Bedenkt man aber, dass alle diese instinctiven Handlungen noch in Thieren vorkommen, deren Grosshirnhemisphären abgetragen worden, so folgt, dass hier nicht jene zusammengesetzte, wahrscheinlich vielfach überspringende Erregung nöthig ist, welche die geistige Erkenntniss und Berechnung fordert, dass die in dem verlängerten Marke und dem Rückenmarke gegebene, verhältnissmässig einfachere Einrichtung trotz der Vielseitigkeit der Wirkung genügt. Der oft ausgesprochene Gedanke, dass eine Empfindlichkeit der Muskeln, ein Muskelgefühl in diesem Sinne des Wortes den erwähnten instinctiven Wirkungen zum Grunde liege, genügt nicht. Es wird sogar von der Erfahrung nicht unterstützt.

§. 621. Empfindungsfasern durchsetzen oft die Muskelmasse. Man kann aber nicht mit Sicherheit beweisen, dass sie auch in dieser selbst endigen. Die hierfür angeführten physiologischen Thatsachen sind nicht im Stande, alle Zweifel zu beseitigen. Die Schmerzhaftigkeit der Muskeln nach Anstrengungen kann von örtlichen

---

[1]) J. G. STEINBUCH, Beitrag zur Physiologie der Sinne. Nürnberg 1811. 8. S. 30 und 156.

irkungen des veränderten Blutlaufes in den peripherischen Theilen id der Rückwirkung auf die centralen grauen bewegungserregenden assen abhängen. Eine Störung von diesen liegt wahrscheinlich n Wadenkrämpfen zu Grunde. Die Reibung der den Wadenaskel bedeckenden Haut beseitigt hier oft die Beschwerden in nlicher Weise, wie ein starker Druck eine Hyperästhesie (§. 610.). hwinden die Schmerzen, welche anhaltende Verkürzungen der iedmaassen erzeugen, nach dem Sehnenschnitte oder die des tersten Theiles des Mastdarmes nach der Trennung des Afterhliessers, so lässt sich dieses durch die Annahme erklären, dass e ununterbrochene Zusammenziehung einen Zustand der entrechenden centralen bewegungserregenden Ganglienkugeln erzeugt, r eine regelwidrige Wirkung der die Empfindungen vermittelnden heile nach sich zieht. Man hat wahrscheinlich etwas Aehnliches i manchen Leiden des centralen Nervensystemes. Hyperästhesieen r Muskeln können dann ohne merkliche Ernährungsstörungen derlben mit oder ohne Anästhesieen der benachbarten Hautbezirke rkommen.

§. 622. Die Erfahrungen, die man an Thieren über die Reflexewegungen gewonnen hat, lassen sich an dem Menschen in ehrfacher Hinsicht verwerthen. Sie erklären zunächst das Athmen, s Saugen, das Schlucken und die Bewegungen der Gliedmaassen n Hemicephalen mit oder ohne Spina bifida, denen das Gehirn, cht aber das verlängerte Mark und das Rückenmark mangeln. s kommt häufig vor, dass ein Arbeiter, der sich einen Bruch eines ickenwirbels durch einen Fall zugezogen hat und an einer vollndigen Lähmung der bewussten Empfindung und der Willkürwegungen der unteren Gliedmaassen aus diesem Grunde leidet, ine Reflexbewegungen nach dem Kitzeln der Fusssohle im Anfange rbietet. Diese fallen dagegen später um so ergiebiger aus, je ngere Zeit seit der Verletzung vorüber gegangen. Wir werden un schliessen, dass ein Gesammtquerschnitt des Rückenmarkes rrissen wurde oder seine Wirksamkeit durch einen Bluterguss oder s einer anderen Ursache verloren hat, dass die Ganglienkugeln des nteren Abschnittes ihre Thätigkeit zuerst durch die Erschütterung ler aus einem ähnlich wirkenden Grunde eingebüsst, sie aber mit der eit wieder gewonnen haben. Verrathen die Reflexbewegungen eine egelwidrige Stärke, so unterstützt dieses die Annahme, dass noch die Verbindung mit dem Gehirn vollkommen abgeschnitten ist. Eine geringe Thätigkeit der Ganglienkugeln des unterhalb der Verletzung

liegenden Rückenmarktheiles hat zur Folge, dass sich nur die Muskeln in der Nachbarschaft der erregten Hautstelle, also z. B. nur die der Zehen nach dem Kitzeln der Fusssohle schwach zusammenziehen. Erholt sich die graue Masse, so wachsen auch die Stärke und die Ausdehnung der Reflexbewegungen. Hat man einen Kranken, den ein Leiden des Halsmarkes an allen vier Gliedmaassen gelähmt hat, so verräth sich die allmählige Besserung der Wirkungen des unterhalb der Verletzungsstelle liegenden Abschnittes des Rückenmarkes dadurch, dass das Kitzeln der Fusssohle zuerst zu Bewegungen des Unter- und des Oberschenkels des entsprechenden Gliedes, dann zu solchen beider Beine und endlich auch zu denen der Arme führt.

§. 623. Wurde das Rückenmark eines Frosches oberhalb der Eintrittsstelle der Armnerven und dann oberhalb der der Nerven der Hinterbeine der Quere nach vollständig durchschnitten, so erhält man zwei von einander gesonderte Bezirke der Reflexbewegungen. Die Reizung der Zehen des einen Hinterfusses ruft höchstens Zusammenziehungen in beiden Hinterbeinen hervor. Die Reflexbewegungen der Vorderbeine fehlen hier. Sie treten aber nach der Ansprache einer Vorderzehe auf, während die Hinterfüsse ruhig bleiben. Das Gleiche wird sich nach doppelten Querzerreissungen im Menschen wiederholen. Trennt man das ganze centrale Nervensystem eines Frosches genau in der Mittellinie der Länge nach, so erhalten sich die Empfindlichkeit und der Willenseinfluss auf die Muskeln. Enthauptet man dann das Thier, so sind die Reflexbewegungen der beiden Seitenhälften des Körpers wechselseitig geschieden. Die Reizung der Zehe des rechten Hinterbeines erzeugt höchstens Reflexverkürzungen in diesem und dem rechten Vorderbeine, nicht aber in irgend einem Theile der linken Körperhälfte und umgekehrt. Macht man nun einen Querschnitt durch die rechte Rückenmarkshälfte in der Gegend des fünften Wirbels, so werden auch rechts die Reflexbezirke des rechten Vorder- und des rechten Hinterbeines wechselseitig geschieden. Die an Schlangen und an dem Schwanze von Eidechsen und Salamandern angestellten Versuche lehren überdiess, dass ein kleiner von dem übrigen Theile des Rückenmarkes gesonderter Abschnitt desselben hinreicht, die Reflexthätigkeit des ihm zugehörenden Bezirkes empfindender und bewegender Fasern zu unterhalten, wenn diese und die ihnen benachbarten grauen Massen unversehrt geblieben. Die Zerstörung der letzteren allein hebt aber die Reflexwirkungen auf. Findet man

in einem Menschen, dessen vier Extremitäten gelähmt sind, dass das Kitzeln der rechten Fusssohle auch Bewegungen im linken Fusse erzeugt, so muss noch mindestens eine, wenn auch kleine Querbrücke grauer Masse irgendwo thätig sein. Bewegen sich die Muskeln des rechten Armes, so gilt der gleiche Schluss für eine Längsbrücke rechts von der Mittellinie des Rückenmarkes. Die genaue Prüfung solcher Gelähmten führt oft zur Erkenntniss kleiner Reflexbezirke, die gewissermaassen Oasen in der Wüste der gelähmten Gegenden bilden. Man wird dann häufig nach dem Vergleiche der thätigen und der völlig abgestorbenen Empfindungs- und Bewegungsnerven wenigstens annäherungsweise bestimmen können, in welcher Rückenmarksgegend die noch wirksamen grauen Massen liegen.

§. 624. Das gewöhnliche Kitzeln lässt eine Reihe schwacher Erregungen in kurzer Zeit wiederkehren. Die Reflexwirkung hängt dann vorzugsweise davon ab, dass viele ungleich starke Reizungen rasch auf einander folgen. Man kann sie daher auch schon durch kräftige, in ihrer Intensität schnell wechselnde Erregungen hervorrufen [1]). Liefert eine unempfindliche Hautstelle keine Reflexe bei dem gewöhnlichen Kitzeln, so wird man nachdrücklichere, hier ohnediess schwächer wahrgenommene Reize von auf- und niedergehender Stärke versuchen. Gestatten die Verhältnisse den Gebrauch chemischer Erreger, so ruft ein in einen kleinen Hautschnitt eingeführter Tropfen Essigsäure noch Reflexbewegungen hervor, wenn die schwächeren oder kräftigeren mechanischen Eingriffe alles in Ruhe lassen.

§. 625. Regt man die Bewegung eines Muskels auf dem Wege des Reflexes in einem enthaupteten Frosche an, so tritt die Verkürzung merklich später ein, als wenn sie durch die unmittelbare Reizung des Bewegungsnerven hervorgerufen wird (§. 173.). Der Unterschied ist viel grösser, als die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Nervenerregung durch die Längsstrecke des Empfindungsnerven fordern würde. Der Uebertritt der Unruhe von den centralen Primitivfasern auf die Ganglienkugeln, die Mittheilung durch diese und die Abgabe an die Bewegungsfasern fordern eine verhältnissmässig bedeutende Zeitgrösse. Man kann diese Zeit der verborgenen Reflexwirkung sichtlich verlängern, wenn man die Erregung zwingt, eine verhältnissmässig schmale und ungewöhnliche Bahn durch die graue Masse einzuschlagen. Die Verzögerung des

[1]) Vgl. schon Schiff a. a. O. S. 225.

Eintrittes der Reflexbewegungen im Menschen kann von dieser Ursache oder auch von langsameren Wirkungen der centralen Primitivfasern oder Ganglienkugeln herrühren.

§. 626. Nicht nur Opium oder Strychnin, sondern auch andere betäubende Gifte, wie Niesswurz, Tollkirsche, Blausäure und selbst die blosse Einspritzung von Terpentinöl oder Aether in den Mastdarm erhöhen die Reflexempfänglichkeit der grauen Massen des Rückenmarkes. Viele Leidenszustände zeigen etwas Aehnliches. Hysterische können die ganze Reihenfolge von den kaum merklichen Zusammenziehungen eines einzelnen Bündels eines Gesichtsmuskels bis zu allgemeinen Krämpfen darbieten. Die Reizung der äusseren Haut der Thiere zieht bisweilen Reflexbewegungen in den Eingeweiden der Brust- und der Bauchhöhle nach sich. Die mechanische Ansprache des Darmes, des Eileiters regt hin und wieder Zusammenziehungen von rothen Muskelmassen an. Man darf demnach auch noch die mannichfachsten Wechselwirkungen zwischen den Eingeweiden und den äusseren Verkürzungsgebilden im Menschen erwarten. Die verschiedensten Empfänglichkeitsgrade können schon in dieser Hinsicht in Gesunden vorkommen. Der Eine erbricht sich nach dem blossen Einathmen von Bücherstaub, während der Andere den Kehlkopfspiegel oder chirurgische Instrumente in den Umgebungen der Rachenenge ohne Gegenbewegungen der Muskeln beliebig wirken lassen kann. Die Geneigtheit zu Husten, zu Bewegungen des Darmcanales, zu den für die gerichtliche Medicin wichtigen reflectorischen Samenentleerungen oder zu Reflexzusammenziehungen der Gebärmutter wechselt ebenfalls in hohem Grade. Krankhafte Verhältnisse können diese Verschiedenheit beträchtlich vergrössern. Die Verengerung der Stimmritze bei dem Keichhusten, dem Kopp'schen Asthma und ähnlichen Leiden, viele Fälle von Schluchzen und Brustkrämpfen, von Herzklopfen, von Herzstillstand für kurze Zeit, von Zusammenziehungen der Speiseröhre oder des Magens und einer mit der letzteren verbundenen Cardialgie, der Globus hystericus, der plötzliche Austritt von Luft oder anderer Inhaltsmassen aus dem Darme, manche Arten unwillkürlicher Harn- oder Samenentleerung, der krampfhafte Verschluss der Blase und des Mastdarmes, die nach der Berührung oder der Kathetrisation auftretende Schwellung des Gliedes bei Rückenmarksverletzungen, das wehenartige Ziehen im Unterleibe bei Hysterischen, endlich die mannichfachsten Verkürzungen in den rothen Körpermuskeln lassen sich auf Reflexbewegungen zurückführen.

§. 627. Ist auf diese Weise die Reflexwirkung eines Bezirkes regelwidrigerweise erhöht, so folgt hieraus noch nicht, dass desshalb auch die Empfindungsthätigkeiten zugenommen haben. Alle §. 626. erwähnten Mittel, die Empfänglichkeit für Reflexbewegungen künstlich zu vergrössern, lassen die Empfindlichkeit nicht in gleichem Maasse wachsen. Die Versuche, die man mit Strychnin anstellt, verrathen keine merkliche Begünstigung oder Beschleunigung der Empfindungsleitung, wenn schon die grauen Massen die Reflexbewegungen mit grosser Leichtigkeit hervorrufen. Die Empfindungsnerven scheinen sogar zu den späteren Zeiten der Vergiftung stumpfer zu wirken. Verbindet sich daher eine krankhafte Empfänglichkeit für Bewegungserregungen mit hyperästhetischen Erscheinungen, so muss eine vielseitigere Leidensursache als unter jenen künstlichen Verhältnissen zum Grunde liegen. Es kann wahrscheinlich auch vorkommen, dass die erhöhte Empfänglichkeit der Ganglienkugeln die nebenbei vorhandene schwächere Thätigkeit der die Erregung zuführenden Empfindungsnerven mehr als ausgleicht und daher die Reflexbewegungen allzu leicht auftreten lässt. Man findet bei Entartungen der grauen Masse des Rückenmarkes, dass sich die Bewegung nicht mehr mässigt und lange Zeit wiederholt, so wie einmal der erste Anstoss auf dem Wege des Reflexes oder durch den Willenseinfluss gegeben worden [1]). Man hat etwas Aehnliches bei dem Veitstanze, jedoch mit dem wesentlichen Unterschiede, dass hier die Anfälle nicht nach jeder Erregung und in der Regel nicht während des Schlafes [2]) oder nur während des Träumens [3]) auftreten. Viele Anfälle rühren in solchen Leiden von Reflexen her, die von den Empfindungsnerven der Innenflächen der Hohlräume des Körpers, z. B. eines bestimmten Bezirkes der Schleimhaut des Nahrungscanales und nicht von der äusseren Haut ausgehen.

§. 628. Die sogenannten Reflexlähmungen, wie der Eintritt von Paraplegie nach Blasenleiden und die bisweilen hierher gerechnete essentielle Lähmung des Kindes [4]) lassen sich als Reflexwirkungen physiologisch nicht begründen. Man muss sie vielmehr von demselben Standpunkte, wie die Reflexanästhesieen

---

1) Siehe z. B. den oft angeführten Fall von Cruveilhier bei Eisenmann, Die Bewegungs-Ataxie. Wien 1863. 8. S. 40.

2) Spiess, Physiologie des Nervensystems. Braunschweig 1844. 8. S. 189. 190.

3) Hasse, a. a. O. S. 157.

4) Brown-Séquard, a. a. O. p. 164.

(§. 619.) beurtheilen und aus der weiteren Ausdehnung peripherischer oder centraler Störungen herleiten.

§. 629. Die Trennung eines Bewegungsnerven von dem centralen Nervensysteme zieht oft eine von SCHIFF[1]) zuerst entdeckte Reihe von Wechselkrämpfen der kleineren Bündel des dem Willenseinflusse entzogenen Muskels nach sich. Man sieht dieses Lähmungszittern am deutlichsten an der Zunge von Hunden, in denen der Zungenfleischnerv an einer oder an beiden Seiten durchschnitten worden. Das trotz des Schleimhautüberzuges kenntliche Flimmern der Muskelbündel des gelähmten, nicht aber des gesunden Abschnittes wird nicht bloss bei vorgezogener Zunge, sondern auch dann wahrgenommen, wenn diese ruhig in der Mundhöhle liegt. Hat die Zusammenziehung eines Bündels aufgehört, so beginnt die eines benachbarten. Man bemerkt aber kein regelmässiges Fortschreiten der Zuckungen und keine durch sie bedingte Ortsveränderung eines grösseren Theiles der Zunge. Die Tasthaare der Kaninchen und anderer Säugethiere zeigen oft eine fortwährende Unruhe nach der Durchschneidung der Antlitznerven. Die mit quergestreiften Fasern versehene Regenbogenhaut der Vögel, nicht aber die mit einfachen Fasern ausgestattete Iris der Säugethiere zuckt ebenfalls anhaltend nach der Trennung des gemeinschaftlichen Augenmuskelnerven. Man kann auch das Lähmungszittern an den blossgelegten Muskeln eines Gliedes wahrnehmen, dessen Nerven nicht mehr mit dem centralen Nervensysteme zusammenhängen. Da es nicht unmittelbar nach der Nervendurchschneidung, sondern erst einige Tage später auftritt, allmählig ein Maximum erreicht und dann Monate lang und selbst mehr als ein Jahr anhält, so bildet es erst eine nachträgliche Wirkung der Nerventrennung. Man kann diese Erscheinung, die auch oft im Verlaufe der fortschreitenden Muskelatrophie und während der Ausbildung von Lähmungen im Menschen vorkommt, als das Gegenstück des Gefühles des Ameisenlaufens ansehen. Wir haben §. 583. gesehen, dass dieses vermuthlich dadurch entsteht, dass die peripherischen Empfindungsfasern oder die centralen Repräsentanten derselben ungleich stark in verschiedenen Augenblicken erregt werden. Das Flimmern erzeugt sich wahrscheinlich aus ähnlichem Grunde. Schon die durch den Blutlauf

---

[1]) SCHIFF, a. a. O. S. 176—179. BROWN-SÉQUARD, Experimental Researches applied to Physiology and Pathology. New-York 1853. 8. p. 101—104.

gebenen Schwankungen der Ernährungswirkungen können viel-icht die Unruhe bei den gegebenen Reizzuständen hervorrufen.

§. 630. Wie sich das Ameisenlaufen und ähnliche Gefühle zu n heftigeren, rasch dahin schiessenden oder den fortdauernden hmerzen verhalten, so steht das Lähmungszittern in einer ähn-hen Beziehung zu den verschiedenen Arten ausgedehnterer Krampf-scheinungen. Die Wechselkrämpfe bieten in dieser Hinsicht ne fast ununterbrochene Reihe von den leisesten Verkürzungen es nervenschwachen Menschen bis zu den furchtbarsten Zuckungen pileptischer oder Gehängter dar. Da nur eine hinreichend starke chwankung des Zustandes der Bewegungsnerven zu einer Ab-echselung von Verkürzung und Erschlaffung führt, so mangeln ich die Wechselkrämpfe, wenn Ausschwitzungen, Geschwülste oder ndere Fremdkörper allmählig und ohne merkliche Veränderung rer Intensität eingreifen. Sie treten dagegen sogleich auf, so wie iese Körper oder die Verhältnisse des Blutlaufes, Bewegungen oder ndere Ursachen rasche Zustandsänderungen der Nerven herbei-ihren. Das Zittern nervenschwacher Personen wird durch den Villenseinfluss oder durch freudige Aufregung und das von Trinkern ler Opiumrauchern durch den abermaligen Genuss der betäubenden ittel aufgehoben. Es tritt als Merkmal der Kraftabnahme in alten euten auf, und geht bei Quecksilber- oder Bleivergiftungen und bei etallvergiftungen überhaupt, der vollständigen Lähmung voran. asselbe wiederholt sich für die unpassend sogenannte Paralysis gitans. Es gibt also einen Schwächezustand der Elemente des ervensystems, der wahrscheinlich schon die gewöhnlichen durch n Blutlauf unmittelbar oder mittelbar bedingten Schwankungen it Wechselkrämpfen erwidert. Man kann auch im Gesunden uskelzittern durch die Unterbrechung des Blutlaufes in günstigen illen hervorrufen. Die Untersuchung der krankhaften Zuckungen it auf- und absteigenden Ketten- und Inductionsströmen wird für e genauere Erkenntniss des Leidens von Nutzen sein.

§. 631. Die furchtbarste dieser Krampfformen, die Fallsucht der Epilepsie hat mehrere neuere Forscher zu Anschauungen eführt, gegen deren Richtigkeit sich gegründete Bedenken erheben ssen. SCHROEDER VAN DER KOLK[1]) glaubte aus anatomischen

---

[1]) J. C. L. SCHROEDER VAN DER KOLK, Bau und Functionen der Medulla spinalis ud oblongata und nächste Ursache und rationelle Behandlung der Epilepsie. Uebersetzt von F. W. THEILE. Braunschweig 1859. 8.

Untersuchungen schliessen zu können, dass der Sitz des Leidens in den Oliven liege. KROON beobachtete eine unsymmetrische krankhafte Vergrösserung derselben und Asymmetrie des verlängerten Markes überhaupt in Personen, die epileptisch waren. Der eigenthümliche Bau, den die Oliven des Menschen darbieten, macht es unmöglich, jene Ansicht durch Versuche an Säugethieren mit Sicherheit zu bekämpfen. So viel ist aber wenigstens gewiss, dass keine Art von Verletzung des verlängerten Markes dieser Geschöpfe zu einer wahren Fallsucht führt. BROWN-SÉQUARD glaubte gefunden zu haben, dass Thiere, einige Wochen, nachdem man ihnen eine Stichwunde des Rückenmarkes beigebracht oder die Hinterstränge mit den benachbarten Theilen der Seitenstränge, diese und die Vorderstränge, die eine Hälfte oder das ganze Rückenmark in der Rücken- oder der Lendengegend quer durchschnitten hat, von fallsuchtähnlichen Anfällen ergriffen werden. Die Krämpfe ergreifen dann alle nicht gelähmten Kopf-, Rumpf- und Gliedermuskeln. Man kann den Eintritt derselben durch die Erregung der Gesichts- oder der Nackenhaut künstlich hervorrufen [1]). KUSSMAUL und TENNER [2]) verglichen die Krämpfe, welche die Verblutung, die Unterbindung der das Gehirn versorgenden Schlagadern oder die elektrische Erregung der Gefässnerven und die hierdurch erzeugte Mengenabnahme des ausfliessenden Blutes herbeiführt, mit den Erscheinungen der Fallsucht. Diese Parallelen haben keine sichere Grundlage, weil ähnliche Störungen im Menschen noch keine Epilepsie herbeiführen und die Mehrzahl der wesentlichen Zeichen derselben, wie das Aufschreien im Augenblicke des Anfalles, die Bewusst- und Empfindungslosigkeit, das häufige Beissen in die Zunge, der Schaum vor dem Munde, die neben den Wechselkrämpfen hin und wieder auftretenden Starrkrämpfe in den Säugethieren, die man den erwähnten Versuchen unterwirft, mangeln. Man kann die Zuckungen derselben durch die Unterbindung einer Gliedmaasse oder das Anstemmen des Kopfes gegen eine feste Wand nie unterdrücken. Diese Mittel verhindern aber bisweilen den Anfall in einem Epileptischen. Die Ursachen der ihm vorangehenden Geistesverstimmung, der vermöge der peripherischen Deutung (§. 584.) bisweilen auftretenden Aura epileptica und das charakteristische Einschlagen des Daumens werden sich natürlich nie durch Versuche an Haussäugethieren

[1]) KUSSMAUL und TENNER in Moleschott's Untersuchungen. Bd. II. 1857. S. 248.
[2]) BROWN-SÉQUARD, a. a. O. p. 179.

ermitteln lassen. Man hat cyanotische Erscheinungen bei länger anhaltender Epilepsie und der verwandten ächten Eklampsie, wenn das verlängerte Mark aus irgend einem Grunde leidet.

§. 632. Wir sahen schon §. 339., dass Wechselkrämpfe zu Starrkrämpfen werden, wenn eine neue Verkürzung eintritt, ehe die unmittelbar vorhergehende in einem merklichen Grade zu sinken begonnen hat. Da die zweite Erregung, die einen noch nicht bis zu dem Maximum verkürzten Muskel trifft, die eben vorhandene Zusammenziehung nach Maassgabe der Widerstände vergrössert, so können die Starrkrämpfe die bedeutendsten überhaupt möglichen Bewegungsausschläge herbeiführen. Die Nebenbedingungen bestimmen es, ob die Gesammtwirkung von der einseitigen Thätigkeit einer einzigen Muskelgruppe oder der Thätigkeitsresultante der gleichzeitig tetanischen Gegenfüssler, also dem Uebergewichte einer Classe derselben abhängt. Der Trismus oder Kinnbackenkrampf beschränkt sich der Nervenverhältnisse wegen auf die ausschliessliche Verkürzung der Kaumuskeln. Da die Wirbelsäule vorn mit der Brust und dem Unterleibe belastet ist und daher der Schwerpunkt der ganzen Masse vor ihr liegt, so wird sie gebeugt, wenn nicht die Verkürzung der Rückenmuskeln entgegenwirkt. Die Streckung ist nur auf diese und zwar auf den Rest ihrer Thätigkeit, der nicht durch die Beseitigung jener Schwerewirkungen aufgezehrt wird, angewiesen. Dieses erklärt schon, wesshalb der Starrkrampf fast immer als Opisthotonus oder Streckkrampf der Wirbelsäule auftritt und z. B. nur drei Fälle von Beugekrampf oder Emprosthotonus unter den 522 von FRIEDREICH [1]) zusammengestellten vorkommen. Die Verkürzung beginnt oft in den Nackenmuskeln, also mit der Streckung des Kopfes. Die dann folgenden tieferen Rückenmuskeln ziehen sich aber häufig mit solcher Kraft zusammen, dass sie die Wirbelsäule nicht, wie gewöhnlich strecken, sondern nach hinten aushöhlen. Da diese Anfälle von der grauen Masse des Rückenmarkes ausgehen, so erklärt sich, wesshalb sie fast immer die Muskeln der beiden Seitenhälften des Körpers ergreifen und z. B. nur ein Fall von Pleurotonus oder einseitigem Starrkrampfe unter den oben erwähnten 522 vorkam. Wir werden jedoch später sehen, dass halbseitige Verletzungen der verschiedensten Theile des centralen Nervensystemes zu einseitigen Krümmungen führen können.

---

1) Hasse, a. a. O. S. 174.

Da die Strecker des Vorderarmes und zum Theil die der Hand und der Finger, so wie die des Unterschenkels und des Fusses grössere Muskelmassen als die entsprechenden Beuger enthalten und der Wirkung derselben geringere Widerstände von Seiten der Gelenke entgegenzutreten pflegen, so entspricht im Allgemeinen die Streckung der Gesammtresultante des Starrkrampfes der Gliedmaassen. Dieses beweist unmittelbar, dass ein mächtiger Eingriff das ganze Rückenmark anregt. Unterliegt aber der Rückentheil desselben schwachen Druckwirkungen in einem Säugethiere, so findet man eine Lähmung der Strecker und daher ein anhaltendes Vorherrschen der Beuger[1]). Erst ein kräftigerer Eingriff der Art dehnt sich über alle Muskelmassen der Hinterbeine aus. Man sieht daher auch oft die Beugung der Streckung vorangehen, wenn man das Rückenmark mit allmählig stärker werdenden elektrischen Strömen reizt oder mit einem Drathe zerstört.

§. 633. Kommt es bei dem Menschen vor, dass einzelne Muskelfasern und kleinere Blutgefässe während eines Anfalles von Starrkrampf reissen und daher Blutergüsse erzeugen, so rührt dieses nur von den plötzlichen Stössen, den raschen Muskelzusammenziehungen her. Da die Wirkungsgrösse, welche die lebendige Kraft bestimmt, mit dem Quadrate der Geschwindigkeit wächst, so lässt sich leicht einsehen, wie einzelne, weniger Widerstand leistende Gewebemassen getrennt werden. Ist die Angabe richtig, dass sehr heftige Krämpfe der Wadenmuskeln die Achillessehne zerreissen können, so gibt sie den anschaulichsten Beweis, welchen Erfolg die Verbindung einer bedeutenden Kraftgrösse und einer beträchtlichen Geschwindigkeit zu erreichen vermag. Die Achillessehne eines gesunden Erwachsenen hält noch bei einer Belastung von 300 Kilogramm. Der an kleineren Sehnen, wie dem Palmaris gefundene Festigkeitsmodul lässt schliessen, dass sie durchschnittlich selbst mehr als 400 Kilogramm tragen könnte.

§. 634. Obgleich der Wundstarrkrampf ursprünglich ein Reflexkrampf ist, so bleibt doch die Entfernung der verletzten Sehne oder eines anderen verwundeten Theiles, die Nervendurchschneidung oder die Absetzung des Gliedes erfolglos, wenn sich bleibende Reizzustände oder Entartungen seit dem Anfange des Leidens ausgebildet haben. Die günstige Zeit kann daher hier, wie bei Vergiftungen durch Zaudern verloren gehen.

[1]) Schiff, a. a. O. S. 278.

§. 635. Die genauere ärztliche Untersuchung der tonischen Krämpfe einzelner Muskelgruppen dürfte manche auf diesem Gebiete angenommene Vorstellungsweise berichtigen. Man leitet z. B. den Starrkrampf des Kopfnickers von dem Beinerven ohne Weiteres her. Die elektrische örtliche Erregung könnte aber erst in jedem Einzelfalle entscheiden, ob die regelwidrige Thätigkeit jenes Nerven oder die der Halsnerven, welche den Kopfnicker versorgen, dem Leiden zum Grunde liegt. Die Frage, ob die Krämpfe einzelner Muskelgruppen der Extremitäten, der Schreibekrampf, der sogenannte Schusterkrampf und die Wadenkrämpfe, in einem gegebenen Falle nur peripherischen Ursprunges sind oder nicht, liesse sich meistentheils durch die elektrische Prüfung beantworten. Man muss hier, wie bei den Starrkrämpfen überhaupt, die Wirkungen der auf- und der absteigenden Kettenströme untersuchen, um zu erfahren, ob und welchen Einfluss die Stromesrichtung ausübt. Es kommt vor, dass eine von ihnen und zwar gewöhnlich die aufsteigende, Starrkrämpfe, die man in einem Thiere erzeugt hat, beseitigt. Da sich aber auch der Einfluss der Stromesrichtungen durch den der Abkühlung gesunder oder die Misshandlung schon misshandelter Nerven umkehrt, so folgt, dass Krankheitszustände vorkommen können, in denen der absteigende Strom wie sonst der aufsteigende beruhigend wirkt. Eine Angabe von Remak[1]) scheint diesen Schluss zu bestätigen. Man darf endlich erwarten, dass die elektronisirenden und elektrolytischen Wirkungen der beständigen Ströme den Eintritt der Starrkrämpfe hin und wieder erschweren werden.

§. 636. Wirken die Schläge des Magnetelektromotors auf das Rückenmark, die Bewegungsnerven oder die Muskelmasse eines Frosches längere Zeit ein, so nimmt später der Starrkrampf z. B. der Hinterbeine allmählig ab. Man sieht ein anhaltendes Flimmern in den Muskeln des Oberschenkels, ähnlich wie nach der Nervendurchschneidung (§. 629.). Die abwechselnde Zusammenziehung der einzelnen Bündel erzeugt aber keine Ortsveränderung des Ober- oder des Unterschenkels, wenn selbst die Gelenke wiederum biegsam sind. Diese Erscheinung hält oft noch nach dem Verschwinden allen Starrkrampfes in dem ganzen Hinterbeine an. Sie verliert sich erst bei weiterer Erschöpfung. Wir sehen hieraus, dass jene ört-

[1]) R. Remak, Galvanotherapie der Nerven- und der Muskelkrankheiten. Berlin 1858. 8. S. 459.

lichen Wechselkrämpfe einem niederen Grade der Empfänglichkeit entsprechen. Beschränkte Zuckungen oder ausgedehnte Wechselkrämpfe folgen daher auch häufig im Menschen den Starrkrämpfen oder selbst nur übermässigen willkürlichen Muskelanstrengungen nach. Die Hebung der Nerventhätigkeit kann das Muskelzittern beseitigen.

§. 637. Die sogenannten kataleptischen Erscheinungen fordern eine vorsichtige Beurtheilung. Die krankhafte Sucht, Interesse oder Mitleid zu erregen, verführt oft Hysterische, die peinlichsten Stellungen einzuhalten und der Ermüdung oder dem Schmerze Widerstand zu leisten. Viele der sogenannten Katalepsieen entstehen auf diese Weise. Es kann eben so wenig befremden, dass bisweilen die Krankheit in einer grossen Zahl von Bewohnern desselben Ortes auftritt, wenn man die Gewalt der Nachahmung gerade für solche Krampferscheinungen berücksichtigt. Die Angabe aber, dass die Muskeln ungewöhnlich weich blieben, wenn sich auch die Glieder die längste Zeit in unveränderter statuenähnlicher Stellung erhielten, beruht wahrscheinlich auf Täuschungen.

§. 638. Die Entscheidung der Frage, ob es einen Muskeltonus gibt oder nicht, hängt zum Theil von der Deutung dieses Ausdruckes ab[1]). Denkt man sich, dass eine von dem centralen Nervensysteme fortwährend ausgehende Erregung die Muskeln in einem unaufhörlichen geringen Grade der Verkürzung erhält, so lehren die Versuche von HEIDENHAIN und AUERBACH, dass die Trennung des Hüftnerven des Kaninchens die durch eine bestimmte Belastung erzeugte Dehnungslänge für die Dauer nicht merklich ändert. Dieses gilt jedoch nur für die Verfolgung der Verhältnisse mit freiem Auge. Die Länge nimmt wahrscheinlich im Anfange in geringerem Grade zu, weil die durch die Nerventrennung erzeugte Verkürzung den Muskel erweichte (§. 315.). Man hat bis jetzt noch nicht untersucht, wie die spätere Reizlosigkeit und Entartung der Nerven (§. 92.) auf die Länge der Muskeln wirkt. Sollte sie sich, wie wahrscheinlich, nicht merklich ändern, so würde folgen, dass die peripherische Markmasse keinen Tonus in dem oben erwähnten Sinne erzeugt.

§. 639. Die Versuche, die man über den Verschluss der Harnblase und des Afters angestellt hat, um den Tonus der Sphincteren

[1]) Vgl. z. B. BLASIUS in Virchow's Archiv für pathologische Anatomie. Bd. 28. 1863. S. 83—157.

nachzuweisen, gestatten keine sicheren Folgerungen, weil Reflexe bei unversehrtem Einflusse des Rückenmarkes und unmittelbare Erregungen und Elasticitätsveränderungen der Muskelmassen nach der Zerstörung des centralen Nervensystems eingreifen konnten. Die Ausgänge der Blase und des Mastdarmes bleiben nach Rückenmarksverletzungen krampfhaft geschlossen oder fortwährend offen, man hat also Mangel der Entleerung oder unwillkürlichen Abgang der Inhaltsmassen, je nachdem noch Reflexe auf die Schliessmuskeln möglich sind oder nicht. Der Afterschliesser des Gesunden lehrt schon, dass der Grad seiner Thätigkeit von der Erregungsgrösse der Mastdarmschleimhaut wesentlich abhängt. Der regelwidrige Reiz derselben erhöht sie oft genug in den verschiedensten Krankheitsfällen.

§. 640. Versteht man unter Tonus der Muskelmassen die mit den Verhältnissen wechselnde Verkürzungsgrösse, die reflectorisch oder unmittelbar erzeugt wird, so lässt sich das Vorkommen desselben nicht in Abrede stellen. Die lebhafte oder schlaffe Haltung der Gesichtsmuskeln bei Geistvollen, Blödsinnigen oder Gelähmten, die der Glieder und der Körpertheile überhaupt, die eine Zeit lang dauernde Verkürzung der Regenbogenhaut des Auges, die nach der Durchschneidung der zu den Blutgefässen gehenden Nerven eintretende Erweiterung des Gefässrohres sprechen für ihn. Sie lehren zugleich, dass Reflexe und unmittelbare Reize Verkürzungen von scheinbar gleicher Stärke für längere Perioden unterhalten können, dass man also die Wiederholung des Hauptmerkmales des Starrkrampfes (§. 339.) in solchen Fällen hat. Die Lebensweise einzelner Thiere liefert noch auffallendere Beispiele. Das Stunden lang anhaltende Hängen der Faulthiere an ihren Vorderbeinen, deren arterielle Wundernetze eine solche Muskelanstrengung möglich machen sollen, bildet eine der hierher gehörenden Erscheinungen. Jene Erklärung des Tonus führt aber zu zwei Uebelständen. Man wählt einen leicht irreführenden Ausdruck für eine zwar eigenthümliche, aber den gewöhnlichen Gesetzen der Nerventhätigkeit entsprechende Wirkung. Redet man von einem Tonus in diesem Sinne, so darf man nicht das gleiche Wort auf die nicht verkürzungsfähigen Gebilde übertragen.

§. 641. Die Bezeichnung hat eine grössere Berechtigung, wenn man darunter den zu einer gegebenen Zeit vorhandenen Molecularzustand der Gewebe versteht, von welchem die Länge, die Festigkeit und die Elasticität derselben abhängt, der mit einem Worte die

wesentlichsten mechanischen Eigenschaften bestimmt. Man kann dann eben so gut von dem Tonus des Bindegewebes, der Aponeurosen, der Bänder und der nicht verkürzungsfähigen Gewebe überhaupt, als der verkürzbaren sprechen. Die Ernährungszustände werden in erster Linie bestimmen, wie sich diese Verhältnisse gestalten. Da aber jene von der Blutzufuhr, mithin auch von dem Rauminhalte der Blutgefässe und dem Porositätszustande der Wände derselben abhängen, so ist auch das Nervensystem im Stande, einen mittelbaren Einfluss auf diese Erscheinungen zu gewinnen. Er kann sich aber um so rascher geltend machen, je mehr Blut ein Gewebtheil empfängt und je schneller sich dieser selbst verändert. Der Tonus der Sehne wird daher langsamer, als der der Muskelfasern wechseln.

§. 642. Diese Begriffsbestimmung kann noch zu einer Vorstellung über die Contracturen führen, welche die Verhältnisse schärfer als bisher auffasst. Die Zusammenziehung der quergestreiften Muskelfasern läuft häufig asymptotisch ab (§. 141.). Die elastische Rückkehr zu der früheren Molecularanordnung besiegt den durch die Verkürzung erzeugten Widerstand in der Zeiteinheit um so weniger, je längere Zeit seit dem Beginne der sinkenden Zusammenziehung verstrichen ist. Eine ähnliche Norm kehrt auch bei der elastischen Nachwirkung gedehnter oder gedrehter Seidenfäden wieder. Sie macht sich nach der Ermüdung des Muskels oder der Bewegungsnerven nachdrücklicher geltend. Denkt man sich, dass der Krankheitszustand des Nervensystemes den Muskel nicht zu seinem ursprünglichen Molecularzustande zurückkehren, sondern auf einer gewissen Asymptose verharren lässt, dass sich dieses bis zu einem bestimmten Grade von einer Zusammenziehung zur anderen vergrössert, so erhält man auf diese Art die allmählige Ausbildung einer Contractur. Die §. 104. erläuterte Vorstellung des Wesens der Zusammenziehung macht es denkbar, dass eine solche Wirkung mit oder ohne den anhaltenden Einfluss der Nerven auftreten kann. Man hat sie schon zum Theil im gesunden Körper. Ein Mensch, der eine Zeit lang feine Linien gezeichnet, mikroskopirt oder sonst anhaltend in die Nähe gesehen hat, kann häufig sein Auge nicht sogleich für die Ferne anpassen (§. 512.). Die Haltung der Muskeln der Gliedmaassen in einer bestimmten Stellung, wie es die Fakire bis zum Extreme treiben, schwächt andere spätere Muskelbewegungen, weil sich der Einfluss der früheren Verkürzung nicht so rasch ausgleicht. Bildet sich aber eine Contractur aus den eben erläuterten

Gründen, so muss die künstliche Verhinderung der Zusammenziehung die Fortschritte der regelwidrigen Stellung der Gliedmaassen für den Augenblick hemmen. Wechselt der Tonus der Beuger und der Strecker oder anderer Gegenfüssler gleichzeitig und in demselben Grade für jede Muskelfaser, so drückt die Verkrümmung die Resultante der einander entgegenarbeitenden Massen aus. Da aber gewöhnlich die verschiedenen Muskeln in ungleichem Maasse verkürzt sind, so hängt meist das Gesammtergebniss von verwickelteren Bedingungen ab.

§. 643. Die nach Nervenkrankheiten entstehenden Contracturen bilden sich aus den verschiedensten zum Theil noch unbekannten Ursachen. Hat sich der durchschnittene Hüftnerv eines Menschen nicht wiedererzeugt, so verkrümmt sich nach und nach das Glied klumpfussartig, wenn selbst eine Krücke zum Gehen gebraucht wird. Man kann sich vorstellen, dass die hin und wieder vorkommende Beschwerung des kranken Beines mit der Körperlast den Fuss verbiegt und eine dieser Stellung entsprechende stärkere Verkürzung, besonders des hinteren Schienbeinmuskels (Tibialis posticus) erzeugt. Man bemerkt häufig eine ähnliche Verkrümmung, wenn Krämpfe die von Leiden des centralen Nervensystemes ausgegangen sind, eine vollständige Lähmung der einen unteren Extremität in frühem Kindesalter hinterlassen haben. Erwachsene Hemiplegische zeigen sie hin und wieder ebenfalls. Die grössere Nachgiebigkeit der Bänder in jüngeren Jahren erklärt das häufigere Vorkommen in dem zuerst genannten Falle. Bleiben auch alle Einwände, die man gegen die aus den §. 642. erläuterten Vorstellungen machen kann, unbeachtet, so geben diese doch keine Rechenschaft, wesshalb bisweilen Personen, die in ihren Kinderjahren hemiplegisch geworden, später keinen Klumpfuss, sondern einen Pferdefuss an dem gelähmten Gliede bekommen. Die anhaltende organische Verkürzung der Wadenmuskeln, die hier zum Grunde liegt, lässt sich von passiv mechanischen Bedingungen nicht herleiten.

§. 644. Erwachsene, die nach einem Schlagflusse halbseitig gelähmt wurden, leiden nach einiger Zeit an einer Contractur der Handbeuger (Flexores carpi radialis und ulnaris) mit oder ohne eine solche der Fingerbeuger (Flexores communes quattuor digitorum sublimis und profundus). Man kann dieses mit einer in Thieren beobachteten Erscheinung in Beziehung bringen. Die Abtragung der oberflächlichen Schicht des Sehhügels von Eichhörnchen und

hin und wieder von Meerschweinchen erzeugt eine Lähmung der Zehenstrecker des entgegengesetzten Vorderfusses, so dass die Thiere mit eingeschlagenen Zehen auf dem Rücken desselben gehen [1]). Es bleibt aber vorläufig unklar, wesshalb der Daumen bald von jener Strecklähmung verschont wird und bald nicht.

§. 645. Die Angaben von BREUNING, nach denen die §. 643. erwähnten, in frühem Kindesalter eingetretenen Lähmungen eines Beines gehoben werden, wenn man die schwach angespannten Muskeln oder deren Sehnen unter der Haut durchschneidet, lassen sich nach unseren gegenwärtigen physiologischen Kenntnissen nicht erklären.

§. 646. Viele örtlich beschränkte Verletzungen des verlängerten Markes oder des Gehirns erzeugen gleichzeitig Contracturen einzelner Muskelgruppen und Lähmungen anderer. Jene entstehen häufig durch anhaltende Zusammenziehungen, die oft nur eine Zeit lang fortdauern und hierauf allmählig, nie aber plötzlich aufhören, wenn das Thier lange genug am Leben bleibt. Man hat z. B. auf diese Art eine früher oder später grösstentheils schwindende Hemiplegie der gleichen Seite eines Hundes nach der queren Halbtheilung der Grenze des Rückenmarkes und des verlängerten Markes, und der entgegengesetzten, wenn derselbe Eingriff im Bereiche der Brücke oder überhaupt weit genug nach vorn Statt gefunden hat. Das Wechselspiel der gelähmten oder der halbgelähmten, der krankhaft verkürzten und anderer willkürlich oder unwillkürlich thätiger Muskeln erzeugt, die nach asymmetrischen Hirnverletzungen auftretenden Zwangsbewegungen, auf die wir später zurückkommen.

§. 647. Die elektrische Reizung der Nerven und der Muskeln bildet das feinste Prüfungsmittel der reinen und der gemischten Bewegungslähmungen. Die genügende Untersuchung fordert hier eine eben so vielseitige Anwendung der Ströme, als §. 418. fgg. für die Ermittelung der Zustände der Empfindungsnerven angegeben worden. Man kann überdiess die §. 390. fgg. erläuterten Verfahrungsarten benutzen, um die feineren dort hervorgehobenen Beziehungen zu ermitteln. Vergleichende Prüfungen der einzelnen Bezirke der Nerven und der Muskeln müssen das Bild vervollständigen.

§. 648. Hat man einen reinen Bewegungsnerven oder einen gemischten Nerven in einem Hunde durchschnitten, so verliert sich

1) SCHIFF, S. 348. 349.

die Erregbarkeit des peripherischen Abschnittes des getrennten Nervenstammes für galvanische Ströme nach ungefähr einer halben Woche. Die Abnahme der Empfänglichkeit schreitet allmählig von dem Stamme nach den Aesten fort. Trifft man den richtigen Zeitpunkt, so findet man, dass die eben in den Muskel eingetretenen, künstlich gesonderten Zweige noch empfänglich erscheinen, wenn schon der benachbarte freie Nerventheil seine Leistungsfähigkeit eingebüsst hat. Die Muskeln unterscheiden sich auf das Auffallendste von den Nerven. Sie können die elektrische Erregung, die sie unmittelbar trifft, noch nach länger als einem Jahre nachdrücklich beantworten, wenn auch keine Wiedererzeugung der Nerven Statt gefunden hat und die mikroskopische Untersuchung die Entartung der Markmassen der den Muskel durchsetzenden Endgeflechte nachweist. Wir sahen schon §. 629., dass das Lähmungszittern eben so lange fortdauert. Leidet bisweilen die Empfänglichkeit der Muskeln in Thieren, deren Hüftnerv durchschnitten worden, früher, so vergehen doch immer Wochen, ehe sie merklich abnimmt[1]). Es kann unter diesen Verhältnissen nicht befremden, dass man oft alte Lähmungen der willkürlichen Bewegung findet, in denen die Nerven unempfänglich, die Muskeln dagegen in hohem Grade für den elektrischen Strom reizbar erscheinen. Man muss übrigens den Einfluss der Leitungswiderstände der thierischen Theile in allen solchen Versuchen berücksichtigen, wenn man sich vor Täuschungen durch negative Ergebnisse sichern will (§. 388.).

§. 649. Die kräftige Zusammenziehung, welche die Nervendurchschneidung begleitet, setzt die Elasticitätsgrösse des Muskels herab (§. 315.). Diese Veränderung verliert sich bald. SCHIFF[2]) fand in Vögeln, nicht aber in Säugethieren, dass der Elasticitätscoëfficient der Muskelmasse 5 bis 6 Tage nach der Durchschneidung zuzunehmen anfing und sich später immer mehr erhöhte. Die Empfänglichkeit für galvanische Ströme erhält sich während dieser Veränderung. Sie kann contracturenähnliche Abweichungen zur Folge haben[3]). Aehnliche Erscheinungen liefern vielleicht bisweilen den ersten Anstoss zur Ausbildung der regelwidrigen Stellungen gelähmter Glieder des Menschen (§. 642.).

---

[1]) Siehe z. B: F. A. LONGET, Traité de Physiologie. Tome II. Paris 1850. 8. p. 59. 60.

[2]) SCHIFF, a. a. O. S. 48.

[3]) BROWN-SÉQUARD, Experimental Researches p. 104.

§. 650. Die Reizbarkeit des peripherischen Abschnittes des getrennten Nervenstamms erscheint anfangs erhöht und nimmt später allmählig ab, bis sie sich endlich ganz verliert. Ist nur ein Arm oder ein Bein des Menschen gelähmt, so verfolgt man diese Erscheinungen am besten mit Gabelelektroden, wie sie für Thierversuche mit Erfolg gebraucht werden. Jeder der beiden von der galvanischen Kette oder dem Inductionsapparate kommenden Leitungsdräthe spaltet sich in zwei Aeste. Man lässt dann zwei Pole auf den kranken und zwei auf den gesunden Theil gleichzeitig wirken und vergleicht die Erfolge, die in beiden auftreten. Die Dichtigkeit der sie durchsetzenden Ströme kann nur in sofern abweichen, als die durchflossenen Gewebmassen ungleiche Leitungswiderstände darbieten, wenn also z. B. das kranke Glied magerer als das gesunde ist, oder die in Fett verwandelten Muskeln schlechter, als die gesunden leiten. Die Einschaltung eines grossen Nebenwiderstandes (§. 388.) wird alle hierdurch bedingten Täuschungen beseitigen.

§. 651. Die Nervendurchschneidung verkleinert das Widerstandsvermögen der gelähmten Theile gegen äussere Schädlichkeiten. Diejenigen Bezirke, die stärkeren mechanischen Wirkungen anhaltend ausgesetzt bleiben, wie z. B. die bei dem Gehen besonders gedrückten oder gezerrten Gegenden verschwären desshalb nach einiger Zeit. Die Eiterung dringt nicht selten bis auf den Knochen vor. Einzelne Knochensplitter kommen von Zeit zu Zeit heraus. Alle diese Störungen können sich auf das Nachdrücklichste geltend machen, ohne dass die benachbarten Muskeln ihren regelrechten Grad von Reizbarkeit einbüssen. Dieses wiederholt sich selbst oft genug, wenn das Glied ungewöhnliche Stellungen angenommen hat. Die unthätigen Muskelfasern entarten in Thieren nach längerer Zeit in ähnlicher Weise, wie im Menschen. Man sieht nur die Veränderungen in diesem häufiger, weil man die Thiere nicht lange genug am Leben zu erhalten pflegt. Die Muskelmasse magert zuerst ab, ohne ihre rothe Farbe einzubüssen. Sie wird hierauf blass und zuletzt grauröthlich bis grau, dehnbarer und mürber. Viele der Muskelfasern zeigen keine Querstreifen, sondern nur Längsfäden oder eine gallertige durchscheinende Masse. Zahlreiche Fettkörner liegen in ihrer Umgebung. Man erkennt zuletzt nur einzelne blasse Muskelbündel innerhalb reichlicher Fettmassen. Sie können dann immer noch galvanische Erregungen schwach und langsam beantworten. Dieses bestätigte sich auch an einem klumpfussartig verbildeten Fusse des Menschen kurze Zeit nach der Absetzung des Unter-

schenkels. Die Fettentartung der Muskelfasern greift also immer nur örtlich zerstörend in dem Menschen und den Thieren ein. Sie hebt die Thätigkeit der Nachbarbündel nicht auf. Niedere Empfänglichkeitsgrade können bis zu den letzten Stufen der Umänderung der Muskelfasern fortdauern.

§. 652. Hat man z. B. das rechte Hüftgeflecht in zwei Fröschen durchschnitten, überlässt den ersten sich selbst, galvanisirt dagegen täglich eine Zeit lang das gelähmte Hinterbein des zweiten, so bleiben in diesem die Abmagerung der Muskeln und bei der Aufbewahrung in unreinem Wasser die wassersüchtigen Anschwellungen und die anderen Ernährungsstörungen die sich in dem ersten Frosche einfinden, aus. Diese kräftigende Wirkung der galvanischen Erregung rührt von zweierlei Ursachen her. Die durch sie bedingte Zusammenziehung erzeugt eine Zersetzung und eine hierdurch bedingte Erneuerung der Muskelmasse. Wie die willkürliche Uebung einen gesunden Muskel dicker macht, so bewahrt auch die galvanische den gelähmten Muskel vor der sonst eintretenden Abmagerung. Die elektrische Reizung wirkt zugleich auf die Gefässnerven. Sie kann daher die Grösse und den Porositätszustand der Blutgefässe ändern und die von ihnen abhängigen Ernährungserscheinungen während der Dauer der Erregung und oft auch noch mittelst ihrer Nachwirkung bessern.

§. 653. MARSHALL HALL [1]) stellte den Satz auf, dass die von Rückenmarkskrankheiten herrührenden Lähmungen der Gliedmaassen, mit einem Verluste der Muskelreizbarkeit, solche dagegen, die von örtlichen Hirnleiden bedingt werden, mit der Erhaltung und oft selbst einer merklichen Erhöhung derselben verbunden sind. Obgleich Physiologen diesen Ausspruch mit Recht bekämpften [2]), so hat ihn doch die praktische Heilkunde lange festgehalten. DUCHENNE [3]) nahm ihn in neuerer Zeit, wenn auch in etwas veränderter Form wiederum auf. Das Verkürzungsvermögen der Muskeln der Hinterbeine von Säugethieren oder von Fröschen, in denen die hintere Hälfte des Rückenmarkes zerstört worden, erhält sich bis zum Tode derselben, also Wochen oder Monate lang. Hat man die grauen Massen nicht verletzt, so kann sich sogar die Empfänglichkeit der

---

[1]) MARSHALL HALL, On the Diseases and Derangements of the Nervous System. London 1841. 8. p. 207—223.

[2]) Siehe z. B. BROWN-SÉQUARD, Experimental Researches p. 68—73.

[3]) ERDMANN, a. a. O. S. 148.

Nerven und der Muskeln krankhafter Weise vergrössern. Sollte die Zukunft, wie kaum zu erwarten, für den Menschen lehren, dass Rückenmarkslähmungen von einem Verluste der Muskelreizbarkeit häufiger als Hirnlähmungen begleitet werden, so weiss man doch schon gegenwärtig, dass der Unterschied nicht beständig ist und daher auch keinesfalls als diagnostisches Merkmal verwerthet werden kann. Der Mangel der elektrischen Empfänglichkeit bei Bleilähmungen lässt sich auch nicht einfach aus der Abnahme der Kräfte des Rückenmarkes erklären.

§. 654. Die Muskeln, deren Nerven durchschnitten worden, bewahren unter sonst gleichen Verhältnissen ihre Erregbarkeit länger Zeit nach dem Tode des Frosches, als die gesunden. Man bemerkt sogar dieses nicht selten, wenn man das kranke Hinterbein täglich eine Zeit lang galvanisirt hat. Verfolgt man die Empfänglichkeitsreste in gesunden oder kranken Muskeln, so zeigt sich, dass die Abnahme derselben rein örtlich bleibt und oft genug in einer für benachbarte Stellen wechselseitig unabhängigen Weise vor sich geht. Der Muskel bedarf stärkerer Reize, um überhaupt angeregt zu werden. Seine Zusammenziehung ist sichtlich langsamer als früher und verschwindet auch träger nach dem Aufhören der Erregung. Lässt man die Elektroden von einem Muskelbezirke zum anderen wandern, so sieht man, dass einzelne Bündel sich verkürzen und andere daneben liegende nicht, dass eine mittlere Längsstrecke einer Abtheilung von Fasern antwortet, eine obere oder eine untere dagegen ruhig bleibt.

§. 655. Diese Erscheinungen können bei Muskellähmungen des Menschen schon im Leben vorkommen. Man wird sie an dem Halshautmuskel und dann in den der äusseren Körperfläche nahe liegenden Muskeln am leichtesten, in den tieferen dagegen nur unter besonderen Verhältnissen wahrnehmen, wenn z. B. die oberflächlicheren dünn und regungslos sind. Fehlt nicht zugleich die Empfindung, so kann daher der Kranke ein Muskelzittern in der Tiefe fühlen, ohne dass sich der Arzt von der Anwesenheit desselben unmittelbar zu überzeugen im Stande ist.

§. 656. Gibt die galvanische Erregung nur örtliche und langsame Zusammenziehungen, so darf man hieraus noch nicht schliessen, dass die Erscheinung von einer Lähmung der Muskelmasse und nicht von der der Nerven herrührt. Es wäre möglich, dass der grösste Theil der den Muskel versorgenden Primitivfasern unthätig ist, die weniger leistungsfähigen dagegen nur örtliche Zuckungen er-

ı, weil sich bald die Inductionswirkung der Zusammenziehung
uerschnitt auf Querschnitt (§. 104.) durch die Widerstände
rt. Man kann diese Erscheinung auf den letzten Stufen der
arkeit abgestorbener Frösche sehen. Die Reizung des Hüft-
führt nur zu örtlichen, die der Muskelmassen aber zu Ge-
verkürzungen, wenn auch die Einschaltung eines grossen
swiderstandes in den galvanischen Kreis die Unterschiede
itungswiderstände des Nerven und der Muskeln unmerklich
Verfertigt man sich ein galvanisches Froschpräparat und
en Nerven desselben, nicht aber die Muskelmassen des Unter-
els beträchtlich ab, so liefern diese dessenungeachtet lang-
ühsame Verkürzungen nach der Erregung des Nervenstammes.
gen und örtlich beschränkten Zusammenziehungen eines Muskels
also nicht unzweifelhaft für eine wirkliche Abnahme der
keit der Muskelfasern, wenn sich die freien Bewegungsnerven
erweisen, weil die in der Muskelmasse enthaltenen, wie die
enden oder abgekühlten Nerven wirken können.

657. Bleibt die elektrische Erregung des Nerven erfolglos
aren die durch die Muskelmasse geleiteten Ströme zu keiner
ntverkürzung mehr, so kann immer noch die idiomusculäre
ımenziehung auftreten. Schlägt man auf den Muskel mit
chmalen Werkzeuge der Quere nach, so bildet sich ein Wulst
getroffenen Stelle. Man sieht am besten an den blossgelegten
ı frisch getödteter Säugethiere oder Vögel und bisweilen
ın Muskeln des Menschen, die nur von der Haut bedeckt
, dass Erregungswellen von der Reizstelle aus nach beiden
ablaufen und nicht selten durch Reflexion am Ende zurück-
Auerbach empfiehlt hierfür vorzugsweise den grossen
ıskel und den inneren Theil des zweiköpfigen Armmuskels
, aber muskelkräftiger Personen. Dieses Spiel kann sich
eihe von Malen wiederholen, bis die immer niedriger und
fortschreitenden Wellen unmerklich werden. Der Wulst der
gsstelle gleicht sich meist nur langsam aus. Er verharrt
n in frisch getödteten Thieren so lange, dass indessen die
tarre eintritt und eine noch kenntliche Erhabenheit während
vorhanden bleibt.

658. Die idiomusculäre Zusammenziehung führt eben so gut
er negativen Schwankung des Muskelstromes (§. 155.), als
ndere Art von Muskelverkürzung. Man kann sie nicht bloss
nechanische, sondern auch durch thermische, elektrische oder

chemische Reize hervorrufen. Wie in absterbenden Muskelmassen, so erhält sie sich auch am längsten in solchen, die vorübergehend oder bleibend gelähmt sind. Leitet man einen starken aufsteigenden Strom durch den Hüftnerven eines Frosches, so kann es der nachdrückliche, gegen die Muskelmasse hin auftretende Anelektrotonus (§. 260.) bewirken, dass die Erregung des dem Muskel benachbarten Nervenstückes keine Verkürzung erzeugt. Klopft man dagegen den Wadenmuskel mit dem Messerrücken, so erhält man eine idiomusculäre Zusammenziehung. Wählt man einen nach dem Tode so weit abgestorbenen Muskel, dass der Bewegungsnerv keine Verkürzung und die elektrische Reizung des ganzen Muskels keine Gesammtzusammenziehung erzeugt, und legt die beiden Elektroden an einem Theile der Längsfläche desselben an, so findet man nicht selten, dass sich eine idiomusculäre Zusammenziehung an dem negativen Pole bildet, alles dagegen an dem positiven in Ruhe bleibt. Chauveau gibt an, dass die durch schwache, nervöse oder unmittelbare Reizungen bedingten Verkürzungen in lebenden Thieren z. B. in Pferden nur an dem negativen Pole auftreten (§. 242.). Berührt man einen Muskel mit einer reizenden Flüssigkeit oder dem ausgepressten Safte eines bedeutend ermüdeten oder eines todtenstarren Muskels, so liefert jener eine ausgedehnte oder eine idiomusculäre Zusammenziehung nach Maassgabe seiner Empfänglichkeit.

§. 659. Die idiomusculäre Verkürzung kann an Muskeln, die Contracturen bewirken, in dem Menschen und den Thieren auftreten. Man ist auch im Stande, sie zur genaueren Erforschung der örtlichen Muskelleiden zu benutzen. Die nahezu parallel und geradfaserigen Muskeln, wie der Halshautmuskel, der Kopfnicker, der Schneidermuskel, der zarte Schenkelmuskel geben sicherere Aufschlüsse, als die schief- oder ungleichfaserigen. Schlägt man die Mitte der Länge an, so läuft z. B. die Welle nach beiden Seiten hin ungleich lang oder ungleich schnell ab, wenn die eine Muskelhälfte eine andere Leistungsfähigkeit, als die andere besitzt. Sie bleibt an einer völlig gelähmten noch so schmalen Stelle stehen. Eine solche beschränkte Lähmung verräth sich hierdurch, wenn sie die galvanische Erregung der Stromesschleifen wegen leicht übersehen lässt. Nehmen die Kräfte des Muskels ab, so verlieren sich bald die fortschreitenden Wellen, während die an der Erregungsstelle auftretende Wulstbildung lange erhalten bleibt.

§. 660. Wird ein durchschnittener Nerv wiedererzeugt oder die Lähmung desselben aus einem anderen Grunde aufgehoben, so

bessert sich nicht bloss die Empfänglichkeit der freien Nervenäste, sondern auch die der Muskeln, wenn sie früher gelitten hatte. Dieser günstige Umschwung kann noch eintreten, wenn selbst die Muskelfasern blass und weich geworden sind und sich zahlreiche Fetttropfen auf und zwischen ihnen abgelagert haben. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass sich selbst neue Muskelfasern erzeugen können. Der sichere Nachweis ist jedoch bis jetzt nicht geliefert worden. Die Besserung der Beschaffenheit der Muskelmasse erklärt sich wiederum aus den jetzt möglichen Verkürzungen und deren stärkende Nachwirkungen.

§. 661. Ein Säugethiernerv, aus dem man selbst ein grösseres Stück entfernt hat, kann sich in drei bis vier Tagen wiederherstellen. Ausgiebige Zusammenziehungen der entsprechenden Muskelmassen treten dann schon auf, wenn die spätere mikroskopische Untersuchung lehrt, dass nur noch wenige Scheiden der Primitivfasern schmale Markcylinder enthalten. Die ersten Verkürzungen können sich zeigen, wenn man den Markinhalt in polarisirtem, noch nicht aber in gewöhnlichem Lichte erkennt. Es dürfte daher nicht befremden, wenn bisweilen die frühere Muskelthätigkeit im Menschen nach dem Aufhören der Lähmungsursache rasch wiederkehrte.

§. 662. Die krankhafte Veränderung des Markes schreitet oft nur langsam längs des Verlaufes des Nerven fort. Die allmählige Ausbildung nicht rein centraler oder bloss peripherischer Lähmungen bietet nicht selten den Fall dar, dass ein gemischter Nervenstamm nur oberhalb eines bestimmten Längenbezirkes empfindend und unterhalb desselben bewegend wirkt. Die genauere Prüfung zeigt daher dann die Ausdehnung der verödeten Stelle an. Sie kann auch entscheiden, wo noch keine vollständige Entartung durchgegriffen hat. Es ist möglich, dass eine Nervenfaser thätig bleibt, wenn der Umkreis der Markmasse derselben geronnen erscheint, der centrale Abschnitt dagegen seine Leistungsfähigkeit bewahrt hat. Die Wirkung nimmt im Allgemeinen mit der Verkleinerung der Anzahl der erregbaren Nervenmolecüle unter sonst gleichen Verhältnissen ab. Die erkrankte Stelle leistet desshalb unter sonst gleichen Verhältnissen bei unmittelbarer Erregung weniger, als wenn noch der gesammte Querschnitt des Markes der Thätigkeit zu Gebote stünde.

§. 663. Man begegnet häufig einem merklichen Unterschiede der Wirkungen, je nachdem man das regelwidrige Nervenstück selbst reizt oder es nur zur Durchleitung benutzt. Die örtliche Entartung ändert nicht immer den äusseren Widerstand (§. 207.) in gleichem

Maasse und in demselben Sinne, als den inneren. Die Erregung eines peripherischeren Abschnittes, als die erkrankte Stelle kann lebhaftere Schmerzensempfindungen und die einer centraleren kräftigere Bewegungen hervorrufen. Diese eigenthümliche Erscheinung kommt aber nicht nur unter den eben betrachteten Verhältnissen, sondern auch noch unter zwei anderen Bedingungen vor.

§. 664. Die eine hängt mit den Wirkungen des Leitungswiderstandes zusammen. Sie kann daher zu einer blossen Täuschung in Betreff der Beschaffenheit des Nerven führen. Bleiben der Strom und der wechselseitige Abstand der mit feuchten Schwämmen gedeckten Elektroden in allen Versuchen gleich, so hängt die Stärke des Nebenstromes, der den Nerven durchfliesst, von der Summe der Querschnitte und den Leitungswiderständen der Gewebe, die zwischen der befeuchteten Oberhaut und den Nerven liegen, ab. Hat man keinen grossen Nebenwiderstand in den Kreis eingeschaltet (§. 388.), so kann es sich treffen, dass ein centraleres Nervenstück einen kräftigeren Nebenstrom als ein peripherischeres erhält. Die Gefahr wiederholt sich auch bei dem Gebrauche der Acupunctur, da es selbst bei Elektrodennadeln, die bis auf ihre Spitze isolirt sind, unmöglich bleibt, den Strom nur durch den Nerven zu leiten.

§. 665. Eine zweite Möglichkeit liegt in der Aenderung der Empfänglichkeit durch örtliche Nervenstörungen. Hat auch der kranke Bezirk selbst an Empfänglichkeit eingebüsst, so kann doch sein Nachbartheil an einer oder an beiden Seiten eine Reizbarkeitserhöhung darbieten, die mit der Entfernung von der Leidensstelle abnimmt und daher zuletzt unmerklich wird. Es kommt daher vor, dass der über der leidenden Gegend liegende Abschnitt eines gemischten Nerven lebhaftere Empfindungen mittelst seines peripherischen als mittelst eines mehr nach dem centralen Nervensysteme hin gelegenen Stückes oder der unter dem Störungsorte befindliche Nerventheil kräftigere Bewegungen nach der Anregung des centralen als nach der des peripherischen Bezirkes liefert. Diese Erscheinungen können mit der Beschaffenheit der einzelnen Bündel desselben Nervenstammes wechseln. Die Reizbarkeitserhöhung bildet sich um so leichter aus und verbreitet sich um so weiter, je beweglicher die Nervenmolecüle ursprünglich gewesen sind.

§. 666. Haben keine solchen Veränderungen eingegriffen, so wirkt der gesunde Nerv um so nachdrücklicher, je peripherischer das örtlich gereizte Stück desselben liegt. Die Eintrittsstelle in den Muskel bietet daher die günstigsten Verhältnisse in dieser Beziehung

dar. DUCHENNE, REMAK[1]) und ZIEMSSEN[2]) haben dieses auch für die elektrische Behandlung kranker Menschen hervorgehoben und der Letztere die Stellen angegeben, die desshalb eine besondere Bedeutung für den Elektrotherapeuten haben können.

§. 667. Enthält der Kreis einen grossen Leitungswiderstand und führt man den Strom bei gleichem Elektrodenabstande das eine Mal durch den künstlich gesonderten Nervenstamm und das andere Mal durch die Muskelmasse, so erhält man oft eine stärkere Verkürzung in dem ersteren Falle, weil die Menge der Elektricität an allen Querschnitten des Kreises die gleiche, folglich die Dichtigkeit in dem kleinen Querschnitte des Nerven grösser, als in dem umfangreicheren des Muskels ist. Fliessen aber dieselben Stromdichten durch den Nerven und die Muskelmasse, so liefert im Allgemeinen diese stärkere Wirkungen, als jene. Entsprechen sie noch nicht dem überhaupt möglichen Maximum, so erhält man die verhältnissmässig kräftigsten Erfolge, wenn der Strom durch den Muskel und den Nerven zugleich geleitet wird. Man muss übrigens hier, wie in allen elektrischen Erregungsversuchen die Folgen der elektrischen Misshandlungen, die wir in einem späteren Abschnitte ausführlicher betrachten werden, bei der Beurtheilung der Wirkungen in Rechnung ziehen.

§. 668. Die Norm, dass die Uebersetzung der Nervenerregung in Bewegung einen grösseren Kraftaufwand fordert, als die in Empfindung, bestätigt sich auch für die krankhaften Verhältnisse. Die Ueberbeweglichkeit oder die Hyperkinese kommt im Allgemeinen nicht so leicht als die Ueberempfindlichkeit oder die Hyperästhesie zu Stande. Man sieht häufig bei dem allmähligen Sinken der Thätigkeit eines gemischten Nervenbezirkes, dass die Stumpfheit der Bewegungswirkungen der der Empfindungen vorangeht oder sich schon eine vollständige Bewegungslähmung oder Akinese ausgebildet hat, wenn noch die Empfindungsnerven mehr oder minder thätig bleiben. Ein leichter Druck auf das Rückenmark lähmt die Strecker und ein stärkerer eine grössere Menge der Muskeln der Gliedmaassen, ohne dass nothwendig die Empfindung leidet. Man kann sogar Hyperästhesie neben dieser Leistungsunfähigkeit der Verkürzungsgebilde antreffen. Nicht alle Arten reiner Bewegungslähmungen gestatten daher den Schluss, dass nur

---

[1]) REMAK, Galvanotherapie. S. 2. 3.

[2]) H. ZIEMSSEN, Die Elektricität in der Medicin. Berlin 1857. 8.

die vorderen Wurzeln der Rückenmarksnerven unthätig seien. Das Leiden kann auch central und die Lähmung der Bewegungsfasern überhaupt nur scheinbar sein, indem die Reizung zu schwach wirkt, um etwas mehr als eine verborgene Erregung hervorzurufen.

§. 669. Die vorderen Rückenmarksstränge verhalten sich zu den Bewegungen, wie die hinteren zu den Empfindungen. Diejenigen Abschnitte der Fortsetzungen der vorderen Nervenwurzeln, die zwischen deren Eintrittsstellen in das Rückenmark und den Verbindungsorten mit den grauen Massen liegen, bilden wiederum die Theile, deren Reizung Verkürzungen der entsprechenden Muskeln am leichtesten hervorruft und deren Unthätigkeit am entschiedensten zu Lähmungen führt. Die Längsfasern der Vorderstränge können die Bewegungserregungen leiten. Sie rufen keine Zusammenziehungen nach der Angabe von SCHIFF[1]) hervor, wenn sie unmittelbar angesprochen werden. Die gesammte graue Masse (vielleicht mit Ausnahme des centralsten Bezirkes derselben) ist kinesodisch oder bewegungsleitend. Erzeugt auch ihre unmittelbare Erregung keine Muskelzusammenziehung, so pflanzt sie doch leicht den Antrieb zu Bewegungen und zwar selbst mit Hilfe solcher Bezirke fort, die sich auch als ästhesodisch oder als empfindungsleitende erweisen. Da sie die Uebertragung von einer Seitenhälfte zur anderen in beiden Fällen vermittelt, so folgt, dass die Mittheilung der Erregung eben so gut eine allgemeine Eigenschaft dieser grauen Massen ist, als der Mangel an unmittelbarer Erregbarkeit für Empfindungen und Bewegungen.

§. 670. Hat man nur die Vorderstränge des Rückenmarkes eines Säugethieres durchschnitten, so kehren die regelrechten Willkürbewegungen nach einigen Stunden wieder. Das Ergebniss fällt um so reiner aus, je mehr man die Verletzung der Seitenstränge vermieden hat[2]). Die willkürlichen Bewegungen können noch fortdauern, nachdem die Vorderstränge und die vordere Hälfte der grauen Masse getrennt worden. Die Aenderung der Versuche zeigt überhaupt, dass die gesammte graue Substanz die Bewegungserregung leitet, die Hinterstränge dagegen diese Eigenschaft nicht besitzen. Hat man daher alle Theile des Rückenmarkes bis auf die hinteren weissen Massen durchschnitten, so ist die Willkürbewegung der entsprechenden Gliedmaassen nicht mehr möglich.

[1]) SCHIFF, a. a. O. S. 279.
[2]) SCHIFF, a. a. O. S. 282.

ie blosse Trennung der Hinterstränge dagegen hebt sie nicht auf. OWN-SÉQUARD glaubt in Vögeln bemerkt zu haben, dass sich die lüsse von Rückenmarksverletzungen durch die Wiedererzeugung r Nervenmasse verlieren können. Die Erfahrungen anderer Forscher ben dieses bis jetzt nicht bestätigt. Sollte aber jene Angabe tig sein, so müsste man als möglich annehmen, dass die Lähmung r Willkürbewegungen, die von Zerreissungen der Vorderstränge d der grauen Masse oder von Trennungen des ganzen Rückenkes herrührt, vermöge des Wiederersatzes der zerstörten Bezirke derum schwinde. Da aber bis jetzt kein Fall der Art mit herheit im Menschen nachgewiesen worden, so wird man die erung solcher Leidenszustände eher der Aufsaugung von Blutssen, als einer wahren Wiedererzeugung zuschreiben.

§. 671. Geschwülste oder andere Körper, welche die Vorderge des Rückenmarkes des Menschen drücken, erzeugen bisen Beugungscontracturen [1]), wie man sie auch in Thieren lich hervorrufen kann. Sie entstehen auch leicht durch Ausitzungen im Wirbelcanale überhaupt, während dauernde eckkrämpfe im Ganzen seltener auftreten, dagegen vorübernd bei Entzündung oder Reizung des Rückenmarkes und bes im Starrkrampfe (§. 632.) vorkommen. Schneidet man die uskeln der Gliedmaassen von Thieren durch und vergiftet sie f mit Strychnin, so erhält man Beugekrämpfe während des s des Starrkrampfes, zum Beweise, dass die gewöhnliche ckform nur von dem Vorherrschen der Strecker über die Beuger ührt.

§. 672. Die Trennung der einen Hälfte des Rückenmarkes s Säugethieres bestätigt wiederum den §. 669. erwähnten Unterd zwischen den Empfindungs- und den Bewegungsthätigkeiten. Hyperästhesie pflegt länger, als die Muskelschwäche, die sich r allmählig und oft nach kurzer Zeit verliert, anzuhalten. Die ürbewegung leidet in den Muskeln der Verletzungsseite stärker, s in der anderen. Ist nicht auch die zweite Rückenmarkshälfte ätig geworden, so kommt eine vollständige Lähmung nicht vor.

[1]) Siehe z. B. De functionibus nervorum. p. 135. SCHIFF, a. a. O. S. 278. 279. h. nach CRUVEILHIER, Anatomie pathologique. Paris 1835—43. Fol. Tome II. Livraison XV. p. 3. 4 und Livr. XXVIII. p. 8. 9. Der ebendas. p. 11. 12 erzählte Fall beden durch den Purkinje-Sanson'schen Versuch bekannten Arzt SANSON, der an er Krebsgeschwulst der Hinterseite des Wirbelcanales starb.

Hunde gehen nicht ganz gerade vorwärts, sondern schief nach der gesunden Seite. SCHIFF [1]) findet, dass dieses von einer Schwächung derjenigen Muskeln herrührt, welche die Beine nach innen führen. Die Störung zeigt sich in noch stärkerem Maasse, wenn man die eine Hälfte der Varolsbrücke durchschnitten hat.

§. 673. Trennt man die eine Hälfte des Rückenmarkes in der Halsgegend, so hängt es von der Höhe der Verletzungsstelle ab, welche Summe von Athemmuskeln derselben Seite sich nicht mehr bei der Athmung betheiligt. Liegt der Schnitt oberhalb der Hauptwurzeln des Zwerchfellnerven, so ruhen dann nach SCHIFF [2]) nicht bloss die Brust- und die Bauchmuskeln der entsprechenden Seite, sondern auch die gleiche Hälfte des Zwerchfells, so dass es bei dem Einathmen einseitig verzogen wird. Ein Schnitt, der unterhalb des vierten Halsnerven verläuft, wirkt nur auf die Muskeln der Brust und des Unterleibes. Die blosse Verletzung des Seitenstranges führt schon zu den gleichen Ergebnissen.

§. 674. Man darf diese an Thieren gewonnenen Ergebnisse nicht unzweifelhaft auf den Menschen übertragen. Es kam vor, dass Kranke, deren Rückenmark in der Gegend des vierten Halswirbels und selbst noch höher der Angabe nach durchgehends erweicht war, Monate lang fortlebten. Wäre diese Behauptung zuverlässig, so müsste eine solche Verletzung in dem Menschen weniger eingreifen, als in Thieren, die zwar nach der vollständigen Trennung des Rückenmarkes in der Gegend des dritten Halswirbels nicht so rasch, als nach der des verlängerten Markes sterben, in keinem Falle aber den Eingriff eine Reihe von Monaten überleben. Da sich der absteigende Ast des Zungenfleischnerven des Menschen, der seine Fasern aus den obersten Halsnerven bezieht, als secundärer Zwerchfellnerv mit dem eigentlichen Zwerchfellnerven verbindet, so frägt es sich, ob hier eine Trennung des Rückenmarkes in der Gegend des vierten Halsnerven eine vollständige Lähmung des Zwerchfelles herbeiführt. Man hat auf diese geschlossen, wenn sich z. B. bei Bleilähmungen die Bauchwände bei dem Einathmen einzogen und die unteren Brustwände hoben, während sich die Bauchhöhle und der Brustkorb bei dem Ausathmen verengerten [3]). Eine nicht ganz vollständige Unthätigkeit des Zwerchfelles wird aber auch die gleichen Erscheinungen

[1]) SCHIFF, a. a. O. S. 289.
[2]) SCHIFF, a. a. O. S. 290.
[3]) ERDMANN, Die örtliche Anwendung der Elektricität. Leipzig 1856. 8. S. 144.

zur Folge haben. Die Behauptung, dass die Trennung aller Wurzeln der beiden Zwerchfellnerven den Tod sogleich nach sich ziehe oder die anhaltende Galvanisation der zwei Phrenici die Thiere immer binnen Kurzem an Erstickung zu Grunde gehen lasse, ist wahrscheinlich nicht begründet, da noch die anderen Einathmungsmuskeln die Athmung, wenn auch mühsam, unterhalten können. Die nachdrückliche krampfhafte Contractur des Zwerchfelles, bei der der untere Theil der Brust- und der obere der Bauchwände unbeweglich ist, führt bald zum Erstickungstode.

§. 675. Mögen auch die Rückenmarksthätigkeiten, wie sie durch physiologische Versuche an Thieren ermittelt worden, von denen des Menschen in untergeordneten Beziehungen abweichen, so kehren doch die Hauptgesetze unzweifelhaft auch für ihn wieder. Die stets unsicheren Ergebnisse der Leichenöffnungen müssen daher um so zweifelhafter erscheinen, je mehr sie sicher festgestellten physiologischen Normen entgegentreten. Dieses gilt z. B. für viele Fälle von Bewegungsataxieen. Deutsche, französische und englische Aerzte glaubten hier häufig gefunden zu haben, dass die Entartung der Hinterstränge des Rückenmarkes die Ursache des Leidens bildete [1]). Man fand Verhärtung oder gallertige Erweichung mit oder ohne Ablagerung von braunem Pigmente, Körnchenmassen oder Amyloidkörpern zwischen den Nervenfasern, die regelrecht oder verödet erschienen, Bindegewebswucherungen und selbst Entartungen der hinteren Nervenwurzeln. Es ergibt sich aus dem Früheren, dass sich Gefühlsstörungen in erster Linie und nur durch sie bewirkte untergeordnete Bewegungsstörungen im Leben hätten zeigen müssen, wenn die Krankheit nur in den eben angegebenen Abweichungen begründet gewesen wäre [2]). Die Abstumpfung des Tastgefühls kann es erklären, wenn der Kranke das hier mit Unrecht sogenannte Muskelgefühl verloren hat, und z. B. im Finstern schwankend steht oder geht [3]), und die Nasenspitze mit der Hand nicht findet [4]), nicht aber, wenn er den einen Finger nicht willkürlich bewegen kann [5]). Man ist im Stande,

---

1) Siehe die Einzelfälle bei EISENMANN, Die Bewegungs-Ataxie. Wien 1863. 8. S. 41. 42. 43. 48. 51. 55. 57. 58. 61. 66. 68. Vgl. auch FRIEDREICH, Virchow's Arch. Bd. XXVI. XXVII. Arch. gén. Déc. 1863. p. 641—667.

2) Diese Auffassungsweise findet sich schon in dem Werke von L. LEYDEN, Die graue Degeneration der hinteren Rückenmarksstränge. Berlin 1863. 8.

3) EISENMANN, Ebendaselbst. S. 20. 27. 30. 31.

4) EISENMANN, S. 21.

5) EISENMANN, S. 22.

es mit der allmähligen Entartung der Hinterstränge in Beziehung zu bringen, dass schmerzhafte Gürtelgefühle um die Brust[1]), Druck in dem Becken, der Blase oder dem Mastdarm[2]), blitzähnliche bohrende Schmerzen in den Gliedern[3]), andere Hyperästhesieen[4]) oder Analgesie[5]) (§. 610.) vorhanden sind und die Reflexbewegungen verändert erscheinen. Die ausgedehnten Gliederlähmungen, sogar bei vollkommener Hautempfindlichkeit[6]), das Verharren der Muskeln in verkürztem Zustande, nachdem sie sich zusammengezogen haben[7]), die Fähigkeit, bestimmte Bewegungen im Liegen vorzunehmen, die in aufrechter Stellung unmöglich sind[8]), die Wechselkrämpfe der Glieder bei geschlossenen Augen[9]) lassen sich durch blosse Zerstörungen der Hinterstränge nicht erklären. Die Angabe, dass die hinteren Wurzeln der Lendennerven trotz der Empfindlichkeit und des Muskelgefühles in den unteren Gliedmaassen entartet waren[10]), kann nur auf einem Irrthume beruhen. Die Blindheit und das Schielen nach aussen, welche den Bewegungsataxieen häufig vorangehen, die Thatsache, dass bisweilen die Kranken die Gegenstände zuerst gelb oder grün sehen, der Schwindel, die schiefen Zwangsbewegungen, die hin und wieder vorkommen, die Lähmung des Zungenfleischnerven, die Friedreich der Krankheit später folgen sah, rühren nicht ausschliesslich von einer Krankheit des Rückenmarkes her. Kann eine angebliche Verhärtung oder Erweichung ohne genauere Kritik und ohne mikroskopische Untersuchung nichts Sicheres beweisen, so muss anderseits die sogenannte Bindegewebswucherung mit Vorsicht aufgenommen werden. Was man so nannte, rührte oft nur davon her, dass das Mark der Nervenröhren fehlte oder die nicht zweckmässig gebrauchte Chromsäure die Gewebe zerstört hatte (§. 90.).

§. 676. Die Physiologie kann zum Theil im Voraus bestimmen, wie sich die Zeichen bei dem allmähligen Fortschritte der krankhaften Veränderungen innerhalb der Wirbelsäule gestalten werden.

1) Eisenmann, S. 23.
2) Eisenmann, S. 69.
3) Eisenmann, S. 26.
4) Eisenmann, S. 59—61.
5) Eisenmann, S. 43.
6) Eisenmann, S. 30.
7) Eisenmann, S. 28. 32.
8) Eisenmann, S. 31.
9) Eisenmann, S. 64. 65.
10) Bourdon bei Eisenmann, S. 49 und 52.

Alle Ursachen, die das Rückenmark leicht drücken und reizen, also die Entzündungswirkungen und die Ausschwitzungen sind im Stande, Schmerz und Krämpfe, vorzugsweise durch ihre Einflüsse auf die Nervenwurzeln und deren Fortsetzungen bis zu der grauen Masse hervorzurufen. Halten die Erregungen der Empfindungsfasern gleichartig an, so entstehen auch ununterbrochene Eindrücke und zwar bei schwächeren Reizungen die des Eingeschlafenseins und bei stärkeren die des Brennens. Wechselt dagegen die Intensität von Augenblick zu Augenblick oder von Faser zu Faser, so zeigen sich wiederum Ameisenlaufen oder dahinschiessende bohrende, stechende oder reissende Schmerzen. Die peripherische Deutung verlegt zwar die Gefühle nahezu in diejenigen Bezirke, in welchen die Nervenfasern endigen, so dass man demgemäss auf die leidenden Rückenmarksgegenden zurückschliessen kann. Die Unsicherheit der Versetzung vermag aber bedeutende Täuschungen bei Mangel an Vorsicht, vorzugsweise bei der Untersuchung nicht sehr intelligenter Kranken herbeizuführen. Die krampfhaften Muskelwirkungen gestatten hier ein sichereres Urtheil. Wir haben schon §. 632. gesehen, dass geringe Drucke, wie sie oft von Ausschwitzungen ausgeübt werden, Beugungscontracturen, besonders des Hüft- und des Kniegelenkes herbeiführen können.

§. 677. Die allmählige Verbreitung einer Rückenmarkskrankheit und eines Leidens des centralen Nervensystemes überhaupt, das die Empfindungs- und die Bewegungswerkzeuge gleichartig ergreift, wird zuerst Ueberempfindlichkeit, dann Krämpfe, wenn sie überhaupt auftreten, hierauf Bewegungslähmungen und erst zuletzt Unempfindlichkeit erzeugen. Folgt diese der Ueberempfindlichkeit unmittelbar nach, ohne dass die Schwäche der Bewegungsnerven zunimmt, so darf man schliessen, dass die Veränderung in den die Empfindung leitenden oder erzeugenden Bezirken tiefer, als in den die Bewegung beherrschenden eingreift.

§. 678. Schreitet eine Zerstörung, welche die Gesammtmasse des Rückenmarkes trifft, von unten nach oben fort, so hat man Empfindungs- und Bewegungslähmung aller von dem verödeten Abschnitte beherrschten Theile. Reizzustände der oberen Nachbarschaft der Entartung liefern noch einen diesem Grenzbezirke entsprechenden hyperästhetischen peripherischen Gürtel, neben dem eine entsprechende Ueberbeweglichkeit nur in seltenen Fällen auftritt. Wir sahen schon §. 623., dass empfindliche Strecken innerhalb der ausgedehntesten Lähmungsbezirke inselartig zurückbleiben. Die

Willkürbewegungen einzelner Muskeln können ebenso bei allgemeinen Lähmungen der verschiedensten Grade Jahre lang fortbestehen. Die Berücksichtigung der diesen begünstigten Theilen entsprechenden Nervenverbreitung[1]) kann die Höhe des Rückenmarkes anzeigen, in der ein Theil der Nervenwurzeln und deren Fortsetzungen in die graue Masse trotz der ausgedehntesten Verödung unversehrt geblieben.

Die Ueberbeweglichkeit rührt wahrscheinlich von einer übergrossen Empfänglichkeit der grauen Masse in der Mehrzahl der Fälle her. Das Strychnin, das zuerst die Wirkungen der Ganglienkugeln des verlängerten Markes und dann der des Rückenmarkes erhöht, führt häufig leichter zu Krämpfen in den gelähmten, als in den gesunden Gliedmaassen des Menschen. Erinnert man sich der Vielseitigkeit der Bewegungsleitung innerhalb der grauen Masse, so frägt es sich, ob nicht etwa diese Wirkung nur dann zu Stande kommt, wenn eine regelwidrige Beweglichkeit der Markmolecüle der gelähmten Primitivfasern oder der sie aufnehmenden Ganglienkugeln unterstützend mitwirkt. Die Ursache, wesshalb das Strychnin solche Lähmungen allmählig heilt und der Grund der Thatsache, dass dieses Gift nur die Bewegungs-, nicht aber die Empfindungseinflüsse des Rückenmarkes mit grösstem Nachdrucke erhöht, lassen sich nach unseren gegenwärtigen Kenntnissen nicht befriedigend angeben.

§. 679. Die krankhafte Empfänglichkeit der grauen Masse, wie sie durch Gifte erzeugt wird oder den kürzer oder länger anhaltenden Vorläufer von Zerstörungen bildet, kann nicht bloss den Eintritt und den Umfang der Reflexbewegungen vergrössern, sondern auch die Zeit, die zwischen der Empfindungserregung und dem Anfange der Bewegung verfliesst, abkürzen. Man hat das Umgekehrte, wenn die Kräfte der grauen Masse sinken. Ist nur noch eine schmale Brücke derselben thätig geblieben, so treten die Empfindungen und die Bewegungen langsamer, als bei der Thätigkeit der vollständigen Verbindungsbahn ein. Wartet man aber längere Zeit nach der Verletzung ab, so dass sich indess die grauen Massen erholt haben, so können sich die ausgiebigsten Reflexbewegungen kurze Zeit nach der Empfindungserregung zeigen.

[1]) Eine zu diesem Zwecke dienende Tabelle der Bezirke der Rückenmarksnerven findet sich in meinem Lehrbuch der Physiologie. Zweite Auflage. Bd. II. Abth. II. S. 336—360 und eine solche der Beziehungen der Hirnnerven S. 418—420.

§. 680. Käme es vor, dass die graue Masse von dem unteren ..e des Rückenmarkes bis zu der Mitte des Halstheiles zerstört, .. weisse dagegen thätig wäre, so liesse sich von physiologischer ..e Analgesie und eine Verlangsamung, aber kein Mangel der ..eindrücke und eine Verzögerung und Erschwerung der Willkürbewegungen der Gliedmaassen erwarten. Wären die Hinterstränge ..in in jener Ausdehnung zerstört, so würden die Tast- und die Schmerzensempfindungen fehlen. Eine ebenso bedeutende Ver..g der Vorder- und der Seitenstränge zöge die Unmöglichkeit .. willkürlichen Zusammenziehungen nach sich. Die Reflexver..ungen kämen in den beiden letzten Fällen nicht zu Stande. ..e man den Fall, dass nur ein Hinterstrang oder ein Vorder..g seiner ganzen Länge nach unthätig wäre, so würden bloss .. Gliedmaassen der entsprechenden Seitenhälfte gelähmt sein.

§. 681. Ganz anders gestalten sich die Verhältnisse, wenn nicht ausgedehnte Theile der grauen oder der weissen Massen leiden. ..ränkt sich dann eine die Thätigkeiten aufhebende Erweichung .. einen Theil des Querschnittes, der selbst über die Mittellinie ..geht, so werden dessenungeachtet die Tast- und die Schmerzens..dungen und die Willkürbewegungen so wenig leiden, dass ..ankheit dem Blicke des Arztes leicht entgehen könnte, wenn ..ch nicht durch andere Nebenverhältnisse verräth. Die Ver..g der centralen grauen Masse und der der Hörner in dem ganzen ..che eines Querschnittes hätte für die von den späteren Nerven ..gten Theile dieselben Folgen, wie §. 680. für alle vier Glied..sen angegeben worden. Käme noch die Zerstörung des ent..chenden Abschnittes der weissen Hinterstränge hinzu, so würden ..hinterliegenden Glieder weder Tast- noch Schmerzensempfindungen, .. noch willkürliche, wenn auch oft ungewöhnliche Bewegungen ..bieten[1]). Wären die gesammten grauen Massen und ein ent..chender Theil der Vorder- und der Seitenstränge verödet, so ..ten die Schmerzensempfindung und die Willkürbewegung, nicht .. die Tastempfindlichkeit unmöglich sein. Beschränkte sich die ..störung der weissen Masse nur auf die Längsfasern, nicht aber .. die Fortsetzungen der Nervenwurzeln von deren Eintrittsstelle .. die graue Substanz, so blieben die Empfindungs- und die Be-

[1]) Fälle der Art mit entsprechendem Befunde der Leichenöffnungen siehe z. B. bei ..veilhier, Anatomie pathologique. Paris 1835—42. Folio. Tome II. Livraison XXII. p. 20—24.

wegungsleitung möglich, wenn eine thätige Zwischenbrücke grauer Masse die Verbindung nach oben herstellte. Das Tast- und das Schmerzensgefühl ist aufgehoben, wenn ein vollständiger Querschnitt jeder Primitivfaser der genannten Fortsetzungen der hinteren Wurzeln und die Willkürbewegung, wenn ein solcher der der vorderen Wurzeln, leistungsunfähig geworden. Die entsprechenden Reflexbewegungen bleiben in beiden Fällen aus. Die der Lähmung oft vorangehende Reizung jener Fortsetzungen der hinteren Wurzeln kann Schmerz und Reflexbewegungen und die der Verlängerungen der vorderen Wurzeln in das Rückenmark Wechsel- oder Starrkrämpfe hervorrufen.

§. 682. Personen, die an unvollkommener Rückenmarkslähmung leiden, bewegen häufig die Beine nicht gerade nach vorn, sondern werfen sie in einem zuerst nach aussen gerichteten Bogen, ehe sie den Fuss aufsetzen. Sie strecken hierauf den Rumpf in auffallender Weise. Man hat jene Bewegungsart, die von einer kräftigeren Thätigkeit der Strecker in Folge einer Schwäche der Beuger des Hüftgelenkes (und der Anzieher des Oberschenkels) herrührt, daraus erklären wollen, dass die eine Markhälfte unthätiger als die andere sei. Da sie aber an beiden Beinen zugleich vorzukommen pflegt, so dürften ihr noch andere Ursachen zum Grunde liegen. Die Annahme, dass die Seitenstränge des Halsmarkes gesund sein müssen, wenn die Athemmuskeln ihre Thätigkeit bewahren, bedarf noch einer näheren Prüfung für den Menschen (§. 674.), so sehr sie auch durch Versuche an Säugethieren gestützt wird.

§. 683. Die durch einen schwachen Druck auf das Rückenmark erzeugten Beugungscontracturen schwinden nach SCHIFF[1]) bei dem ruhigen Liegen im Schlafe oder während der Aetherbetäubung leichter, als die Starre, die mittelst der Reizung der Hinterstränge reflectorisch erregt wird. Die sehr kräftigen Beugungen, welche durch Geschwülste in der Nachbarschaft der Vorderstränge erzeugt werden (§. 671.), pflegen unter allen Verhältnissen fortzudauern.

§. 684. Man muss manche Krankheitszustände nach den gegenwärtigen physiologischen Kenntnissen anders, als dieses früher geschah, beurtheilen. Die grosse Ueberempfindlichkeit der Haut und die krampfhaften Stösse der Gliedermuskeln bei Entzündung der Rückenmarkshäute[2]) beruhen vermuthlich auf Reizzuständen der Fortsetzungen der hinteren Rückenmarkswurzeln mit oder ohne

[1]) SCHIFF, a. a. O. S. 295.
[2]) HIRSCH, Spinal-Neurosen. S. 110.

solche der grauen Massen. Die gleichzeitige Anästhesie der Haut und sogenannte Hyperästhesie der Muskeln[1]) besteht in dem Mangel der Tastempfindlichkeit der Haut, in Schmerzen, die in die Muskeln der Gliedmaassen verlegt werden und in Zuckungen derselben, besonders während des Schlafes. Man kann sich nach diesen Zeichen vorstellen, dass die Längsfasern der hinteren Stränge unthätig, die Fortsetzungen der hinteren Nervenwurzeln dagegen und die graue Masse anhaltend gereizt sind.

§. 685. Die seitliche Kreuzung der Bewegungs-, nicht aber der Empfindungsnerven beginnt an dem verlängerten Marke. Aeltere Erfahrungen lehrten schon, dass sich die Bewegungsfasern z. B. der Strecker der Hinterbeine der Säugethiere weiter nach hinten in dem verlängerten Marke kreuzen, als die der Vorderbeine, deren Nerven in der Nähe des Grenzbezirkes der Brücke und des verlängerten Markes auf die andere Seite hinübergehen. Eine auf die eine Seitenhälfte beschränkte Entartung, die zwischen die beiden Kreuzungsorte fällt, wirkt daher auf das gleiche Vorderbein und das entgegengesetzte Hinterbein. Man darf aber hieraus noch nicht schliessen, dass alle Kreuzlähmungen oder Stauroplegieen durch Zerstörungen dieses Bezirkes erzeugt werden. Die Versuche von SCHIFF[2]) lehrten, dass sich die Fasern, welche die Seitenkrümmung der Wirbelsäule und die Bewegung des Kopfes gegen die Schulter beherrschen, etwas vor der Ebene der Schreibfeder des vierten Ventrikels kreuzen. Man hat aber eine Rückkreuzung derselben an der Grenze der Brücke, wo wahrscheinlich auch die Fasern, welche die Drehung der Wirbelsäule leiten, auf die andere Seite hinübergehen. Würde ein Reizzustand, der Krämpfe erzeugt, in der einen Hälfte des verlängerten Markes eines Säugethieres von hinten nach vorn fortschreiten, so liesse sich hiernach zuerst eine Krümmung der Wirbelsäule in der Form des Pleurotonus (§. 632.) und eine Rückwärtsbewegung des Kopfes nach der entgegengesetzten Seite, dann ein regelwidriges Verhalten der Bewegungen der gegenüberliegenden hinteren und der gleichen vorderen Gliedmaassen, hierauf eine Wendung der Wirbelsäule und des Kopfes nach der leidenden Seite und endlich krankhafte Bewegungszustände in beiden Gliedmaassen der entgegengesetzten Seitenhälfte erwarten. Da man eine fortgesetzte Faserkreuzung längs des verlängerten Markes und

---

[1]) CRUVEILHIER, a. a. O. Livraison XXV. p. 8. 9. und HIRSCH, a. a. O. S. 108.

[2]) SCHIFF, a. a. O. S. 320. 321.

der Brücke auch in dem Menschen nachweisen kann, so dürften diese Schlüsse auch auf ihn ihre Anwendung finden. Die frühere Annahme, dass die Kreuzungserscheinungen der Gliedmaassen, die man immer bei Hemiplegieen des Menschen und oft in anderen Nervenleiden bemerkt, von der Pyramidenkreuzung allein herrühren, ist jedenfalls unrichtig. SCHIFF[1]) läugnet sogar jeden Einfluss der Pyramiden der Säugethiere auf die Bewegungserscheinungen oder die Empfindungen.

§. 686. Die halbseitige Trennung des Grenzbezirkes des verlängerten Markes und des Rückenmarkes führt in Hunden zur Schwächung der Muskelbewegungen der Glieder derselben Seite[2]). Die Muskeln der Wirbelsäule der gleichen Seitenhälfte gestatten es, dass die ungehemmte Wirkung ihrer Gegenstücke die Wirbelsäule nach der gesunden Seite hin aushöhlt. Diese Erscheinungen, so wie die vergrösserte Reflexempfänglichkeit der geschwächten Theile schwinden später allmählig und zwar zuerst an den Extremitäten, wo nur eine eigenthümliche Stellung nach aussen zurückbleibt, und in der Folge an der Wirbelsäule, deren Verkrümmung eine Zeit lang eine nach der entgegengesetzten Seite gerichtete unwillkürliche Kreisbewegung hervorruft[3]). Liegt der Halbschnitt oberhalb des hintersten Theiles der Schreibfeder, so ändern sich die Erscheinungen nur insofern, als jetzt die Krümmung der Wirbelsäule ihre Concavität an der Verletzungsseite hat und die Drehbewegungen des Thieres auch nach dieser gerichtet sind. Befindet er sich weiter nach vorn gegen die Brücke zu, so zeigt sich die Halblähmung in dem Vorderfusse der gleichen und dem Hinterbeine der entgegengesetzten Seite. Jener erholt sich allmählig, während dieser bis zu dem Tode gelähmt zu bleiben scheint. Die Krümmung der Wirbelsäule und die Drehbewegungen kehren sich abermals um, wenn der Halbschnitt der hinteren Grenze der Brücke entspricht[4]).

§. 687. Während sich die Kreuzungswirkungen für einen grossen Theil der Muskeln, welche die Bewegungen des Kopfes, der Wirbelsäule und der Gliedmaassen leiten, im Verlaufe des verlängerten Markes geltend machen, ist dieses für die Athemmuskeln nicht

---

[1]) SCHIFF, a. a. O. S. 306.

[2]) Einen Fall von rechtseitiger Hemiplegie des Menschen in Folge der rechts stärkeren Compression des Rückenmarkes in der Gegend des Atlas siehe bei CRUVEILHIER, a. a. O. Livraison XXV. p. 1. 2.

[3]) SCHIFF, a. a. O. S. 314—316.

[4]) SCHIFF, a. a. O. S. 317—320.

der Fall. Die Trennung des einen Seitenstranges des verlängerten Markes hebt die Athembewegungen der Rippen an der entsprechenden, nicht aber an der entgegengesetzten Seite auf. Man hat also in dieser Hinsicht eine ähnliche Wirkung, wie nach der Trennung der Seitenstränge des Halsmarkes (§. 673.). Die Hunde kommen später ausser Athem bei dem Laufen und die Leichenöffnung weist nach, dass die entsprechende Lunge dichter ist und sich weniger leicht aufblasen lässt. Die Stimmbandmuskeln der gleichen Seite sind nur dann gelähmt, wenn der Seitenstrang oben in der Nachbarschaft der Wurzeln des herumschweifenden Nerven, nicht aber unten in der Nähe des Rückenmarkes getrennt worden. Die Hunde werden dessenungeachtet in beiden Fällen heiser[1]). Man darf aus diesen Erfahrungen nicht schliessen, dass eine Kreuzungswirkung bei den Athemmuskeln überhaupt nicht vorkommt. Die entgegengesetzte Hälfte des Zwerchfelles zieht sich bisweilen nach der Ansprache des einen mittleren Kleinhirnschenkels in dem Kaninchen zusammen.

§. 688. Der Kopfnicker und der Kappenmuskel erhalten einerseits Zweige des äusseren Astes des Beinnerven und anderseits solche der Halsnerven. BERNARD glaubte gefunden zu haben, dass jene die Athem- und besonders die Stimmbewegungen und diese die willkürlichen Zusammenziehungen des Kopfnickers leiten. Die Thatsache, dass sich dieser noch bei der Athmung nach der Ausreissung aller Wurzeln beider Beinerven betheiligen kann, scheint gegen diese Sonderung zu sprechen. DUCHENNE[2]) gibt an, dass sich bisweilen der Schlüsselbeintheil des Kappenmuskels bei dem Einathmen instinktmässig zusammenzieht, wenn er auch für den Willenseinfluss gelähmt ist.

§. 689. Sticht man zwei von der Inductionsrolle des Magnetelektromotors kommende Elektrodennadeln zu beiden Seiten des ersten Halswirbels in einem unversehrten Kaninchen bis zur Gegend der Wirbelsäule ein, so kann man die Athmung durch schwache elektrische Schläge beschleunigen und durch starke zum Stillstand bringen. Liegt auch dann das Thier vollkommen regungslos und scheintodt dar, so erholt es sich doch später von selbst oder nachdem man einige künstliche Athembewegungen eingeleitet hat. Dieses gelang mir selbst ein Mal an einem Kaninchen, dessen Haut $4^1/_2$ Stunden vorher mit Leim bestrichen und dessen Eigenwärme in dem Mastdarme bis auf 29° C. heruntergegangen war. Der

1) SCHIFF, a. a. O. S. 308. 309.
2) DUCHENNE, a. a. O. S. 132.

Schlittenmagnetelektromotor gestattet es, die Stärke der Inductionsströme von der Grösse ihrer Wirkungslosigkeit an beliebig zu erhöhen. Die verschiedene Einstellung des Hammerwerkes macht es möglich, die Zahl der auf die Zeiteinheit kommenden Schläge zu vermehren. Es wäre daher in erstickten Menschen zu versuchen, ob sich nicht die Athmung mittelst der Durchleitung passender, aber möglichst schwacher Ströme durch die in der Gegend des ersten Halswirbels tief eingestochenen Elektrodennadeln wiederum herstellen liesse. Arbeitet man mit erregenden und nicht mit lähmenden Stromstärken, so lässt sich ein vollständigerer Erfolg erwarten, als von der Galvanisation der Zwerchfellnerven mit oder ohne die der Achsel- und der Armgeflechte, die man zu dem gleichen Zwecke empfohlen hat.

§. 690. Die Zwangsbewegungen, die nach einseitigen Verletzungen des verlängerten Markes, der Brücke, oder der verschiedenen Schenkel und anderer Theile des kleinen oder des grossen Gehirns auftreten, scheinen auf den ersten Blick den sichersten Aufschluss über die geraden oder gekreuzten Wirkungen zu geben, wenn man die die dabei auftretenden ungleichen Thätigkeiten der seitlich symmetrischen Muskeln in Betracht zieht. Mehrere Umstände mahnen jedoch hier zu einer vorsichtigen Beurtheilung. Man kann nie mit Bestimmtheit angeben, wie weit sich die Folgen einer örtlichen Verletzung des centralen Nervensystems, besonders im Anfange ausdehnen. Es gibt Stellen, in denen ein Unterschied von wenigen Millimetern des Trennungsbezirkes entscheidet, ob die Drehung nach der Verwundungs- oder nach der entgegengesetzten Seite erfolgt. Es kommt daher vor, dass zwei solche Orte einander entgegenarbeiten und die Gesammtwirkung beschränken oder dass die späteren Reizzustände zuerst die eine und hierauf die andere Gegend in lebhaftere Thätigkeit versetzen und man eine Drehung nach der einen Richtung im Anfange und eine nach entgegengesetzten späterhin hat. Bleiben die Thiere längere Zeit am Leben, so kann die Neigung zu Zwangsbewegungen immer mehr abnehmen und endlich für die meisten Ortsveränderungen fehlen.

§. 691. Man darf die hier in den Säugethieren auftretenden Erscheinungen immer nur bedingter Weise auf den Menschen übertragen. Obgleich die seitliche Symmetrie der Muskeln im Wesentlichen die gleiche in beiden Fällen ist, so führt doch schon der Gang auf vier oder auf zwei Füssen zu wesentlichen Unterschieden. Sie bestehen auch in dem Baue des centralen Nervensystemes, be-

sonders des Gehirnes. Es scheint hiermit zusammenzuhängen, dass die Zwangsbewegungen in Hirnleiden des Menschen in der Regel mangeln und im günstigsten Falle unvollständiger als in den Säugethieren auszufallen pflegen [1]). Die häufig vorkommende Erscheinung, dass Personen mit Asymmetrie beider Schädel- oder Gehirnhälften, die an Schwindel leiden, während der Anfälle schief oder in einem Bogen gehen, wenn sie sich gerade fortbewegen wollen, zeigt, dass die Haupterscheinung dem Menschen keineswegs mangelt.

§. 692. Man unterscheidet drei Hauptgruppen dieser Zwangsbewegungen. Die Längs- oder die Achsendrehung, die man auch häufig die Rollbewegung nennt, besteht darin, dass sich das Thier um die Längsachse der Wirbelsäule anhaltend dreht. Die seltener auftretende Halbmesserdrehung nimmt das eine Hinterbein zum Stützpunkte. Die am häufigsten erscheinende Reitbahn- oder Manègebewegung endlich lässt das Thier in einem Bogen oder in einer geschlossenen Curve gehen, wenn es sich sonst gerade vorwärts bewegt hätte. Es verfällt in diese eigenthümlichen Bewegungsarten, so wie Empfindungs- oder Willensreize eine Ortsveränderung anregen. Die Drehung setzt sich oft eine Zeit lang unwillkürlich fort. Sie kann so heftig werden, dass sie das Thier fortschleudert oder tief in eine nachgiebige Masse, wie in das Heu seines Lagers eingräbt. Man beurtheilt die Drehungsrichtung, indem man sich in die Längsachse der Wirbelsäule mit dem Kopfe nach vorn und dem Gesichte nach unten versetzt denkt.

§. 693. Es ergibt sich aus dem eben Dargestellten, dass man die Richtung der Drehbewegungen nur mit einem gewissen Rückhalte anzugeben vermag. BROWN-SÉQUARD [2]) nimmt nach fremden und eigenen Erfahrungen an, dass sich die Thiere kurze Zeit nach der Verwundung nach der verletzten Seite drehen, wenn die Nachbarschaft der Eintrittsstellen der unteren Vaguswurzeln in das verlängerte Mark, die der Antlitznerven und der Hörnerven in die Brücke, der hintere Theil des einen mittleren Kleinhirnschenkels, die Seitenhälfte der Vierhügel, der hintere Abschnitt des einen Grosshirnschenkels oder der vordere des einen Sehhügels durchschnitten worden. Man hat dagegen Drehungen nach der der Verwundung

[1]) Einen neueren Fall und eine Zusammenstellung wichtigerer älterer Beobachtungen siehe bei FRIEDBERG, Archiv der Heilkunde von WAGNER. Bd. II. 1861. S. 385—432. Vgl. auch VULPIAN, Gazette médicale de Paris. 1861. Nr. 24. p. 384—387. und SCHIFF S. 354.

[2]) BROWN-SÉQUARD, Journal de Physiologie. Tome III. 1860. p. 720—722. Lectures. 1860. p. 193.

entgegengesetzten Seite, so wie die Hälfte des Rückenmarkes, w... die zwei bis drei ersten Rückenmarksnerven aufnimmt, die Na... schaft der Eintrittsstelle der Wurzeln des Zungenschlundkopf... der vordere Theil des einen mittleren Kleinhirnschenkels, die ... des vorderen und oberen Abschnittes der Brücke oder der ... Bezirk des einen Sehhügels verletzt worden.

§. 694. Nur die seitliche Assymmetrie der Reizung führt ... diesen Zwangsbewegungen. Hat z. B. ein von der Mittellinie ... fernter Längsschnitt durch den unteren Theil der Brücke die A... drehung erzeugt, so hört sie auf, wenn ein gleich grosser und s... metrischer Schnitt in der anderen Seitenhälfte der Brücke ang... worden. Der Stillstand der Reitbahnbewegungen lässt sich d... eine symmetrische Verletzung des entsprechenden zweiten Gr... oder mittleren Kleinhirnschenkels herbeiführen. Verlieren sich ... Zwangsbewegungen eines Thieres oder eines Menschen nach ei... Zeit, so kann dieses davon herrühren, dass sich die Reizung ... oder dass sie sich mit gleicher Stärke auf das symmetrische Ge... stück übertragen hat. Befinden sich mehrere seitliche Verletz... in verschiedenen Hirntheilen, so wirken die dem verlängerten M... zunächst gelegenen am nachdrücklichsten auf die Drehbeweg...

§. 695. Die Achsendrehung, die man z. B. nach der Tr... des mittleren Kleinhirnschenkels bemerkt, hängt nicht unmit... von der Bewegung der Gliedmaassen, die sich bei ihr nicht ... theiligen brauchen, sondern von der Lähmung der Drehmusk... Wirbelsäule und zwar derjenigen ab, die der Drehungsrichtung ... gegengesetzt liegen. Sind die beiden Kleinhirnschenkel in der... Höhe getrennt worden, so geht das Thier unsicher, weil es ... mehr seine Wirbelsäule mit der nöthigen Sicherheit feststellen kann...

§. 696. Die Halbkreisbewegung zeigt sich am ehesten n... halbseitigen Querschnitten, also nach Trennungen der Längsf... des vorderen Theiles der Brücke. Sie entsteht dadurch, dass d... Vorderfüsse nach aussen abweichen, der Hinterfuss der der Ve... letzung entgegengesetzten Seite in hohem Grade geschwächt ist u... die Körperlast vorzugsweise dem anderen Hinterbeine anvertra... wird [2]).

§. 697. Die Reitbahnbewegung, die nach tiefen asymme... schen Verletzungen des kleinen Gehirns, der Vierhügel, des ein...

---

[1]) Schiff, a. a. O. S. 351—353.

[2]) Schiff, a. a. O. S. 350.

Grosshirnschenkels oder des einen Sehhügels auftritt, rührt davon her, dass die Vorderbeine eine der Drehungsrichtung entgegengesetzte Schiefstellung annehmen. Der geradlinige Stoss der Hinterbeine erzeugt daher eine Bewegung in schiefer Richtung, die der Tangente des Bogens in dem gegebenen Punkte entspricht, wenn sich die Erscheinung von Augenblick zu Augenblick wiederholt. Die ungleiche Haltung der Arme und des Rumpfes begünstigt den der Reitbahnbewegung entsprechenden Bogengang kranker Menschen. Die Geneigtheit zum Schwindel nimmt auch ab, wenn die Hände gleichförmig auf den Rücken gehalten werden, und zu, so wie die eine Körperhälfte stärker als die andere belastet ist.

§. 698. Man kennt bis jetzt keine anderen Zwangsbewegungen als die eben betrachteten. Wenn Kaninchen, deren Streifenhügel durchschnitten oder auch nur blossgelegt worden, nach einer schmerzhaften Reizung irgend einer Art hastig vorschiessen, bis sie einem Hindernisse begegnen, so rührt dieses weder, wie man glaubte, von der Blindheit des Thieres, die selbst bei geschickter gänzlicher Abtragung der Streifenhügel nicht vorzukommen braucht, noch von sichtlichen Zwangsbewegungen, sondern von einer durch die Verletzung bedingten krankhaften Reizbarkeit her. Das Rückwärtsgehen nach der Ausrottung des kleinen Gehirns gehört nicht zu den beständigen Erscheinungen. Es rührt auch oft nur von Blutergüssen in dem vierten Ventrikel her und wird dann durch die Entfernung des Extravasates beseitigt [1]). Alle solche Störungen und die Zwangsbewegungen bilden immer die Resultante der gemeinschaftlichen Wirkungen der mehr oder minder vollständigen Unthätigkeit einzelner und der krampfhaften oder der regelmässigen Zusammenziehung anderer Muskelgruppen. Die Erscheinungen wechseln daher mit der Verletzung selbst, dem Einflusse derselben auf die Nachbartheile und dem augenblicklichen Zustande des centralen Nervensystemes. Es ist möglich, dass gerade die unpassenden Ergebnisse des Willensbefehles das Thier zu neuen Anstrengungen reizen und so einen Bewegungssturm hervorrufen.

§. 699. Nicht bloss die Nerven, welche die Muskeln der Wirbelsäule und der Gliedmaassen versorgen, sondern auch der grösste Theil der Hirnnerven bietet, wie wir sehen werden, Kreuzungen und nicht selten noch Rückkreuzungen in dem centralen Nervensysteme

[1]) Schiff, a. a. O. S. 357.

dar. Dieses wiederholt sich aber nirgends für die die Athembewegungen leitenden Muskeln. Das verlängerte Mark verdankt seine für das Leben so wichtige Stellung vorzugsweise der Herrschaft über die Athmungsthätigkeit. Ein Säugethier oder ein Vogel kann Monate lang nach der Ausrottung des grossen oder des kleinen Gehirns fortleben. Es stirbt aber schon wenige Minuten nach der Zerstörung des ganzen verlängerten Markes. Die Krankheitslehre hat den gleichen Unterschied für den Menschen nachgewiesen.

§. 700. Man überzeugt sich bald, dass nur die Trennung des verlängerten Markes in der Nähe der Austrittsstelle der Wurzeln des herumschweifenden Nerven die rasch tödtende Erstickung zur Folge hat. FLOURENS, der das hier vorhandene Centralwerkzeug der Athembewegungen den Lebensknoten nannte, verlegte ihn in die Mitte und den hinteren Bezirk der Schreibfeder. Man kann aber die grauen Massen dieser Theile nach SCHIFF [1]) und BROWN-SÉQUARD [2]) ausrotten, ohne dass der Tod eintritt. Man hat vielmehr zwei durch graue Masse wechselseitig geschiedene Athmungscentra, ein rechtes für die Athemmuskeln der rechten und ein linkes für die der linken Seite. Sie liegen kurz hinter der Eintrittsstelle der Vaguswurzeln in das verlängerte Mark in der Nähe des Seitenrandes der den Boden der vierten Hirnhöhle bildenden grauen Masse. Die Leitung der zusammengehörenden Athembewegungen jeder Seitenhälfte geht also von einem entsprechenden seitlichen Centralorgane aus und pflanzt sich durch die Seitenstränge derselben Seite fort (§. 673.).

§. 701. Der Einfluss des Athmungscentrums erstreckt sich nicht bloss durch die Seitenstränge nach abwärts auf das Zwerchfell und die übrigen Einathmungsmuskeln, sondern auch nach aufwärts über den Antlitznerven, so weit er die Athembewegungen der Nasenlöcher beherrscht. Schneidet man die rechte Hälfte des verlängerten Markes eines Kaninchens unterhalb und die des linken dicht oberhalb des Centralwerkzeuges der Athmung durch, so dauern die Athembewegungen des rechten Nasenloches und der linken Einathmungsmuskeln des mit der Erstickung kämpfenden Thieres fort. Die Bauchpresse, bei der das einathmende Zwerchfell und die ausathmenden Bauchmuskeln gleichzeitig wirken, bleibt nach der Trennung der einen Seitenhälfte des hinteren Abschnittes des ver-

[1]) SCHIFF, a. a. O. S. 323. 324.

[2]) BROWN-SÉQUARD, Journ. de physiologie. Tome I. 1858. p. 217—23.

längerten Markes möglich. Sie wird dagegen durch einen vollständigen Querschnitt beseitigt.

§. 702. Diese Thatsachen erklären es, wesshalb Blutergüsse in das verlängerte Mark rasch tödten können, diesen Erfolg aber keineswegs immer nach sich ziehen. Die Erstickung fordert, dass die Zerreissung oder andere Zerstörungen der Gewebe oder eine Druckwirkung beide Centralwerkzeuge der Athmung unthätig macht. Man darf voraussetzen, dass auch eine einseitige Verödung des Centralorganes der Athmung oder des Seitenstranges nur die Einathmungsmuskeln derselben Seite auch im Menschen lähmt. Da die Enthauptung den Halstheil des Rückenmarkes trennt, so erklärt es sich, wesshalb die Athembewegungen des Gesichtes nach derselben fortdauern, geordnete und in einander greifende Athembewegungen der Brustmuskeln dagegen, die man nicht mit periodischen Zuckungen einzelner Muskelmassen verwechseln darf, mangeln. LEGALLOIS fand schon, dass man das Gleiche an Säugethieren künstlich erzeugen kann.

§. 703. Ist auch auf diese Weise die Ordnung der Athmungsmechanik mit dem verlängerten Marke abgeschlossen, so können doch auch Erregungen, die sich von dem Gehirn aus auf dieses fortpflanzen, die Art der Athmung wesentlich ändern. Liessen VIERORDT und HEGELMAIER[1]) die Athembewegungen der Oberbauchgegend von Kaninchen an der Trommel des Kymographion aufschreiben (§. 320.), so zeigte sich, dass ein künstlicher nicht allzugrosser Hirndruck die Zahl der Athembewegungen bis auf die Hälfte herabsetzen, ein allzustarker dagegen sie auch erhöhen kann. Die erstere Wirkungsweise hat zur Folge, dass die Einathmungen seltener, die Ausathmungen dagegen länger werden. Blosse Blutergüsse oder andere Druckursachen in der geschlossenen Schädelhöhle des Menschen können die Athembewegungen verlangsamen und Reizungen dieselbe verstärken. Diese Thatsachen mahnen auch zur Vorsicht bei der Beurtheilung der von centralen Ursachen herrührenden Störungen der Athmung z. B. des durch krampfhafte Stösse des Zwerchfelles bedingten Schluchzens, des Gähnens, des Hustens und ähnlicher Bewegungen. Alle diese Krankheitszeichen können nicht bloss durch unmittelbare, sondern auch durch mittelbare Erregung der nervösen Athmungscentra erzeugt werden.

---

[1]) F. HEGELMAIER, Die Athembewegungen beim Hirndruck. Heilbronn 1859. S. 16. 17. 22.

§. 704. Einzelne Bezirke des verlängerten Markes bestimmen noch andere für die Lebenswirkungen wichtige Gruppirungen der Thätigkeiten der Bewegungswerkzeuge. Wir werden die Einflüsse, die es auf das Herz, die Kehlkopfmuskeln, den Schlund und die Speiseröhre und einen grossen Theil der Unterleibswerkzeuge auszuüben vermag, bei der Betrachtung des herumschweifenden und des sympathischen Nerven kennen lernen.

§. 705. Die Annahme, dass das kleine Gehirn das Coordinationswerkzeug der Bewegungen sei, fusst auf mehreren Missverständnissen. Die Bewegungsstörungen erscheinen erst, wenn die Abtragung bis zu einer gewissen Tiefe der Halbkugeln und des Wurmes vorgedrungen ist, man also die Ausstrahlungen der Kleinhirnschenkel zu einem grossen Theile entfernt hat. Die Säugethiere leiden dann an mannichfachen Contracturen. Ihre Muskelverkürzungen liefern ein von den gewöhnlichen Verhältnissen abweichendes Spiel. Die Bewegungen werden daher unsicher und schwankend. Dasselbe wiederholt sich im Wesentlichen in den Vögeln. Die Unbeholfenheit bei dem Fliegen fällt nur hier noch mehr auf. Erhält man die Thiere am Leben, so bessern sich die Bewegungen zu einem grossen Theile. Die ganzen Folgen erklären sich daraus, dass die Muskeln der Wirbelsäule durch den Eingriff geschwächt werden und daher alle Bewegungen, die nur bei vollkommener Fixation der Wirbelsäule die nöthige Sicherheit erhalten, sichtlich leiden. Da sich der Einfluss auf die tieferen Rückenmuskeln, besonders die Dreher der Wirbelsäule schon in den mittleren Kleinhirnschenkeln geltend macht, so sind es wahrscheinlich deren Ausstrahlungen, welche die Haupterfolge bestimmen. Die Annahme [1]), dass der sogenannte Muskelsinn sein Centralwerkzeug in dem kleinen Gehirn habe, wird durch keine physiologische Thatsache unterstützt. Die bei Kleinhirnleiden des Menschen auftretenden Zeichen [2]) schwanken in dem Grade, dass sich keine sicheren Schlüsse ziehen lassen. Man hatte wahrscheinlich auch meistentheils gleichzeitige Leiden anderer Hirntheile, die sich nicht unmittelbar bei der Leichenöffnung verriethen.

§. 706. Die Grosshirnschenkel und deren Ausstrahlungen in die Sehhügel und die übrige Masse der Grosshirnhalbkugeln

[1]) Dunn bei Brown-Séquard Lectures. 1860. p. 79.

[2]) Siehe z. B. Die neueste Zusammenstellung von Eisenmann in Canstatt's Jahresbericht für 1862. Würzburg 1863. 4. Bd. III. S. 20—26.

enthalten eine zahlreiche Menge von Bewegungsfasern in Menschen und Thieren. SCHIFF[1]) hat aber schon aufmerksam gemacht, dass die Letzteren Eigenthümlichkeiten darbieten, die sich in dem Menschen anders gestalten. Man findet in jenen, dass die Trennung eines Grosshirnschenkels die Bewegungen beider Vorderbeine ändert z. B. die Anziehung des einen und die Abziehung des andern nach sich zieht. Bestimmte Wirkungen auf die Tastempfindungen liessen sich bis jetzt nicht nachweisen. Die tägliche Erfahrung des Arztes dagegen lehrt, dass mehr oder minder ausgedehnte durch den Bau des Hornstreifens begünstigte Blutergüsse und die durch sie bedingten ferneren Veränderungen in der Gegend des Seh- und des Streifenhügels bei halbseitigen Bewegungslähmungen Schlagflüssiger vorkommen. Die zuverlässigen Beobachtungen stimmen überein, dass sie sich in der rechten Grosshirnhalbkugel befinden, wenn die Hemiplegie an der linken Körperhälfte erscheint und umgekehrt. Man könnte hieraus schliessen wollen, dass alle Bewegungsfasern des einen Armes und des entsprechenden Beines eine einzige seitliche Kreutzung oder eine ungerade Anzahl derselben durchgemacht haben, ehe sie in der Masse des Grosshirnschenkels und der von ihm ausgehenden Hirnstrahlung verlaufen. Eine nähere Betrachtung lehrt aber, dass unsere gegenwärtigen Kenntnisse noch nicht hinreichen, alle hier vorkommenden Erscheinungen mit Sicherheit zu deuten.

§. 707. Nur die Hirnstrahlung, also auch vorzugsweise der Sehhügel, nicht aber der Streifenhügel der Säugethiere wirkt auf die Bewegungen der Gliedmaassen. Die halbseitige Lähmung des Menschen verbindet sich häufig mit der des äusseren Augenmuskelnerven, des Antlitznerven und des Zungenfleischnerven, also mit der von Nervenstämmen, deren Centralwerkzeuge dem Systeme der Brücke und des verlängerten Markes angehören, und die von der Streifen- und Sehhügelgegend aus gar nicht oder nur selten in Säugethieren erregt werden. Diese Erscheinungen sind räthselhafter, als die bisweilen als Merkwürdigkeit besonders betonte Thatsache, dass die unwillkürlichen und willkürlichen Athembewegungen in solchen halbseitig Gelähmten nicht leiden. Sie erklärt sich aus der Lage der Athmungscentra an beschränkten Stellen des verlängerten Markes und der offenen Leitungsbahn von dem Gehirn nach diesen und den Seitensträngen. Nur Versuche an Affen könnten vielleicht die

[1]) SCHIFF, a. a. O. S. 362.

Dunkelheiten, welche die erwähnten Krankheitszustände des Menschen darbieten, genügend aufhellen. Es stimmt mit dem früher Dargestellten, dass die Tastempfindlichkeit der gelähmten Glieder Hemiplegischer nicht mangelt, ja oft mit grösster Feinheit vorhanden ist, wenn das Leiden nur von einem Blutergusse in der Gegend des Streifen- und des Sehhügels herrührt. Das Fehlen derselben deutet eine weitere Ausdehnung der Zerstörung an.

§. 708. Man kann die Beziehungen der Tast- und der Schmerzenseindrücke von dem verlängerten Marke an weniger scharf als die Bewegungswirkungen verfolgen. Die Reizung der Pyramiden und der Vorderstränge oder die des Bodens der vierten Hirnhöhle und des oberen mittleren Theiles des verlängerten Markes erzeugt keine Schmerzen. Ein grosser Theil der Empfindlichkeit der Hinter- und der Seitenfläche hängt von der Wirkung der in der Nähe eintretenden Empfindungsfasern des herumschweifenden Nerven und der oberen Halsnerven ab. Jene scheinen die Empfindlichkeit der Seitentheile und diese die der strickförmigen Körper in hohem Grade zu bestimmen. Die Oberfläche der Brücke verdankt den grössten Theil ihrer Empfindlichkeit den Fasern des dreigetheilten Nerven. Die halbseitige Trennung des verlängerten Markes ändert im Anfange die Hautempfindlichkeit des Rumpfes und der Glieder nicht. Die Verwundung kann später eine Hyperästhesie derselben und eine starke Quetschung eine Anästhesie der entgegengesetzten Seitenhälfte zum Vorschein bringen. Die Ueberempfindlichkeit dehnt sich auch oft auf die Kopfhälfte der leidenden Seite aus. Alle diese nach einiger Zeit wiederum schwindenden Erscheinungen geben keinen Aufschluss, welche Bahnen die Empfindungsleitung innerhalb des verlängerten Markes unter regelrechten Bedingungen einschlägt und welche Umwege sie durch die auch hier unempfindlichen, aber empfindungsleitenden Massen (§. 601.) ausnahmsweise verfolgen kann. Die Zeichen, nach denen man das verlängerte Mark für den Sitz der Wahrnehmung der Empfindungen und der Willensbefehle ausgab, waren nur Reflexwirkungen, die nach der Entfernung des grossen und des kleinen Gehirns lebhafter wurden. Sie dehnen sich leicht über grosse Bezirke aus, weil die centralen Repräsentanten der Rückenmarks- und eines grossen Theiles der Hirnnerven in dem verlängerten Marke zusammentreffen.

§. 709. Die bis jetzt bekannten physiologischen Thatsachen liefern keine genügenden Aufschlüsse über die Beziehungen des

kleinen und des grossen Gehirns zu den Tast- und Schmerzensempfindungen des Rumpfes und der Gliedmaassen. Die Thatsache, dass man einen grossen Theil der Halbkugeln des grossen und des kleinen Gehirns abtragen kann, ohne dass die Thiere sich regen, dass trepanirte Menschen es nicht bemerken, wenn man Stücke ihres grossen Gehirns mit dem Hirnlöffel entfernt, dass Tuberkeln oder ausgedehnte Abscesse in dem grossen oder dem kleinen Gehirne ohne allen Schmerz auftreten können, bilden in mancher Hinsicht die Wiederholung einer Norm, die wir schon am Rückenmark angetroffen haben. Die Empfindungen und die Bewegungen fallen am lebhaftesten aus, wenn die Fortsetzungen der hinteren oder der vorderen Nervenwurzeln zwischen ihren Eintrittsstellen in das Rückenmark und ihrer ersten Verbindung mit den grauen Massen gereizt werden. Die späteren markigen Längsfasern und die grauen Massen leiten zwar, rufen aber weder Empfindungen, noch Bewegungen bei unmittelbarer Reizung hervor. Die Empfindungslosigkeit kehrt für den grössten Theil der Gross- und der Kleinhirnhemisphären, den Balken, das Gewölbe, die Commissuren des grossen Gehirns, die oberflächlichen, nicht aber die tieferen Abschnitte der Seh- und der Streifenhügel, der Vierhügel und den Wurm des kleinen Gehirns wieder. Die Empfindlichkeitswirkungen zeigen sich nur in den Anfangstheilen der Ausstrahlungen der Gross- und der Kleinhirnschenkel, daher auch in der Tiefe des Rautenkörpers und überhaupt der inneren Markmassen des kleinen Gehirns. Die Reizung oder die Durchschneidung dieser Gebilde führt noch zu Bewegungen der quergestreiften und der einfachen Muskelfasern. Die Betrachtung der Hirnnerven und des sympathischen Nerven wird uns zeigen, dass viele Hirntheile, deren Zerstörung schmerzlos ist, Bewegungswirkungen in den Eingeweiden hervorrufen können.

§. 710. Die Ganglienkugeln der grauen Massen des Rückenmarkes sind so gebaut und angeordnet, dass jede Faser eines Rückenmarksnervens ihren Repräsentanten findet und sich die Erregung innerhalb dieser Mosaik auf das Mannichfachste verbreiten kann. Die Grösse und die Art der Unruhe, die ein Element der grauen Masse trifft, bestimmen hierbei den Erfolg. Man kann sich vorstellen, dass jene Bedingungsglieder ungleichen Widerständen nach verschiedenen Seiten begegnen. Liegen manche Ganglienkugeln und deren Zwischengewebe mit den Seiten geringeren und andere mit denen grösseren Widerstandes zusammen, so wird sich

die Erregung jenen leichter als diesen mittheilen. Der Mangel des Vorherrschens einer einzigen Richtung in einer Ausdehnung von endlicher Grösse (§. 284.) kann ihnen in dieser Hinsicht eine Vielseitigkeit verleiten, die den entschieden doppeltbrechenden Geweben, also auch den Nervenfasern nicht zukommt. Die scheinbare Zweckmässigkeit der Reflexbewegungen des enthaupteten Thieres zeigt an, dass die Mosaik geordnete Bewegungscombinationen, gleichsam ein harmonischeres Abspielen der vorhandenen Claviatur im Allgemeinen begünstigt. Die Verkürzungen fallen aber scheinbar noch berechneter aus, wenn man einen hinteren Abschnitt des verlängerten Markes an dem Rückenmarke gelassen hat. Jenes enthält nicht bloss Repräsentanten aller Fasern der Rückenmarksnerven, sondern besitzt auch eine Anordnung derselben, die eine zweckmässige Verbindung noch mehr als das Rückenmark allein erleichtert. Es enthält überdiess die Massen der Ganglienkugeln, durch welche die Fortdauer des Herzschlages gesichert und die für das Schlucken, die Athmung und die Stimmbildung nöthigen Gruppirungen der Verkürzungsgebilde hergestellt werden. Jede dieser Wirkungsarten kann vereinzelt auftreten. Stärkere Reize verbreiten sich innerhalb des gleichen Bezirkes weiter als schwächere oder ziehen andere in Mitleidenschaft. Man hat hier eine Mosaik der Ganglienkugeln, die noch feiner und zwar bald gesonderter und bald vielseitiger wirkt, als die des Rückenmarkes. Sie bedingt es, dass fast alle sogenannten Instinctbewegungen, die passendsten auf reflectorischem Wege auftretenden Reflexwirkungen und scheinbar bewusste Schmerzensäusserungen nach der Entfernung des grossen und des kleinen Gehirns, nicht aber nach der des verlängerten Markes möglich bleiben. Die zwischen den grauen Massen eingeschalteten centralen Primitivfasern leiten die Unruhe von jenen zu anderen Ganglienkugeln fort. Diese ursprüngliche Erregung einer ersten Gruppe von Ganglienkugeln, die Mittheilung der Reizung durch centrale Zwischenmassen des Markes und die spätere Unruhe neuer Ganglienkugeln wiederholen sich wahrscheinlich vielfach bei jeder Handlung, die zu unserem Bewusstsein gelangt oder von diesem ausgeht. Es widerstreitet der Wahrheit, wenn man die Schnelligkeit der Gedanken mit der des Blitzes vergleicht. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Nervenerregung (§. 171. fgg.) macht es aber möglich, dass selbst eine zusammengesetzte Wirkung der Unruhe in einem Bruchtheile einer Secunde vollendet wird. Wie der Bau des verlängerten Markes den des Rückenmarkes an Feinheit übertrifft, so wiederholt sich

wahrscheinlich das Gleiche für das Gehirn in Beziehung auf die übrigen Theile des centralen Nervensystemes. Selbst der einfachste Gedanke ist vermuthlich von einer ganzen Reihe von Durchschlagswirkungen durch Ganglienkugeln und Primitivfasern begleitet. Diese Anschauungsweise ist im Stande, manche der immer noch dunkel bleibenden Wirkungen des centralen Nervensystemes wenigstens in etwas klareren Umrissen aufzufassen.

§. 711. Wenn Säugethiere, in denen man den grössten Theil der beiden Grosshirnhemisphären entfernt hat, Hauteindrücke mit lebhaftem Schreien und starken Gegenbewegungen beantworten, wenn Vögel, die in gleicher Weise verstümmelt worden, den Ort, an dem sie ein Parasit belästigt, mit dem Schnabel ziemlich genau treffen, so hängen diese Erscheinungen von den eben erläuterten Wirkungen der Mosaik des verlängerten Markes und des Rückenmarkes ab. Dieselbe Ursache liegt vermuthlich oft zu Grunde, wenn ein bewusstlos daliegender Kranker nach dem Kopfe oder nach anderen schmerzhaften Stellen greift oder passende Instinctbewegungen vollführt. Man hat hier nur eine ähnliche Wirkung, wie wenn der enthauptete Frosch die seine Bauchhaut berührende Pincette mit seinen Hinterbeinen fortstösst. Die scheinbar zweckmässigsten Bewegungen bleiben ohne den Einfluss des Gehirns möglich.

§. 712. Es lässt sich erwarten, dass die Leitung durch die grauen Massen auf Umwegen, wenn die gewöhnliche Bahn verschlossen ist, die hierdurch bedingte Verzögerung der Eindrücke und der Willensbefehle, die dann auftretende Nothwendigkeit eines grösseren Erregungsminimums und die leichtere Erschöpfbarkeit in dem Gehirne in ähnlicher Weise, wie in dem verlängerten Marke und dem Rückenmarke wiederkehren. Die Unmöglichkeit aber, die regelrechten Leitungswege anzugeben, pflegt hier die genauere Untersuchung zu hindern. Die Erfolge, die manche örtliche Verletzungen der Grosshirnlappen nach sich ziehen, geben höchstens einzelne ungenügende Andeutungen. Wie am Rückenmarke, so schaden im Allgemeinen in den Grosshirnhalbkugeln die dem hauptsächlichsten Faserverlaufe parallelen Längsschnitte weniger als Querschnitte. Kehrt aber dessen ungeachtet die frühere Thätigkeit, so weit es sich übersehen lässt, nach einiger Zeit zurück, so ist dieses nur durch die Leitung auf Umwegen möglich, weil die Leichenöffnung des Thieres zeigt, dass keine Wiedererzeugung Statt gefunden hat. Dasselbe wiederholt sich wahrscheinlich, wenn oberflächliche Quer-

schnitte oder tiefer reichende beschränkte Entartungen keine merklichen Thätigkeitsstörungen nach sich ziehen. Diejenigen Fälle endlich, in denen Blutergüsse oder deren zerstörende Folgen in einer Halbkugel des grossen Gehirns bei der Leichenöffnung gefunden wurden, obgleich die Lähmung später geschwunden war und die bisweilen vorkommende Erscheinung, dass sich die für den Willen gelähmten Glieder Hemiplegischer bei Gemüthsaffecten mitbewegen, lässt sich in ähnlicher Weise deuten.

§. 713. Flourens[1]) hob hervor, dass die verschiedenartigen Empfindungen ohne Unterschied zu schwinden scheinen, wenn man bis zu einer gewissen Tiefe bei der allmähligen Abtragung einer immer grösseren Zahl von Schichten der Grosshirnhemisphären eines Thieres gelangt ist. Alle ferneren Hirnverletzungen erzeugen zunächst eine Betäubung, die oft den Einfluss der Verwundung grösser, als er wahrhaft ist, erscheinen lassen. Kehren die Empfindungen einige Zeit nach der theilweisen Entfernung der Grosshirnhalbkugeln wieder, so treten sie wiederum nach Flourens für die verschiedensten Eindrücke plötzlich auf. Diejenigen Hirngebilde, deren Thätigkeit für die bewusste Auffassung unerlässlich ist, scheinen hiernach in einem nicht sehr ausgedehnten Bezirke zusammen zu liegen.

§. 714. Die Angabe, dass die Erweichung einiger Windungen des Vorderlappens des grossen Gehirns Sprachlosigkeit, Aphasie oder Aphakie zur Folge habe, widerspricht zahlreichen anderen Erfahrungen, in denen weit ausgedehntere Zerstörungen die Stimmbildung und das Sprachvermögen nicht änderten. Versuche an Thieren und Krankheitsbeobachtungen am Menschen lehrten, dass die Verödung des grösseren Theiles einer Halbkugel des grossen Gehirns die geistigen Thätigkeiten und die Empfindungen nicht unmöglich macht. Eine leichtere Erschöpfung und vielleicht auch eine Verlangsamung der Wirkungen wird sich wahrscheinlich wie bei der Durchleitung durch unvollständigere Brücken grauer Massen des Rückenmarkes geltend machen. Die Abstumpfung des Charakters und der Willenskraft, die man häufig in halbseitig Gelähmten oder wiederhergestellten Schlagflüssigen antrifft, beruht auf ähnlichen Verhältnissen. Beschränktere Verletzungen beider Grosshirnhalbkugeln schaden im Allgemeinen den geistigen Kräften mehr

[1]) Flourens, Recherches expérimentales sur les propriétés et les fonctions du système nerveux dans les animaux vertébrés. Paris 1824. 8. p. 100.

als ausgedehntere einer Hemisphäre. Ein von CRUVEILHIER[1]) beobachtetes Mädchen, dem das kleine Gehirn mangelte und die ihre Sinne vollständig gebrauchen konnte, fiel leicht um, litt an Gliederschwäche, war nicht im Stande, Töne hervorzubringen und verrieth zugleich einen hohen Grad von Geistesbeschränktheit. Allein diese, so wie die Bewegungsstörungen[2]) fehlten nicht selten bei anderen tiefgreifenden Leiden des kleinen Gehirns, das überhaupt in keiner wesentlichen Beziehung zu den Geistesthätigkeiten zu stehen scheint.

§. 715. Die allgemeinen Formeln, die der Mathematiker entwickelt, umfassen alle Möglichkeiten eines gegebenen Falles. Die Verhältnisse, die denkbarer Weise in der Wirklichkeit vorkommen können, beschränken sich auf diejenigen Werthe, die sich nicht vermöge der Anwesenheit imaginärer Grössen von selbst ausscheiden. Die Erfahrung lehrt aber, dass gewöhnlich nicht alle reellen Wurzeln einer solchen allgemeinen Gleichung in der Natur hergestellt sind, weil noch Nebenbedingungen, die bei der allgemeinen Betrachtung nicht berücksichtigt wurden, Einschränkungen herbeiführen. Der Bau des centralen Nervensystemes kann diesen Satz versinnlichen. Die Millionen von Ganglienkugeln, die es enthält, gestatten eine unendliche Zahl von Combinationen, die nicht sämmtlich in den verschiedenen Thieren vorkommen. Man hat vielmehr wahrscheinlich gewisse beständige Verbindungen, die sich innerhalb engerer Grenzen ändern und vollkommen neue hinzutretende Massen, wenn sich eine höhere Organisationsstufe ausgebildet hat. Das Gehirn des Menschen unterscheidet sich von dem der Thiere durch jene zweite Art von Theilen in höherem Grade, als das verlängerte Mark und das Rückenmark. Diese Eigenthümlichkeit bedingt es, dass man die Versuchsergebnisse, die man über die Thätigkeiten des Rückenmarkes und des verlängerten Markes und die Bewegungseinflüsse des kleinen und des grossen Gehirns an den Säugethieren gewonnen hat, auf den Menschen ohne weiteres oder mit den nöthigen untergeordneten Veränderungen übertragen kann. Da halbseitige Lähmungen, besonders des Gesichtes und des Vorderkörpers in Pferden und anderen Thieren nach HERING häufig vorkommen, so ist der selbst von Physiologen angenommene Satz, dass der Mangel der Hemiplegie die Säugethiere von dem Menschen unterscheide, nicht begründet. Es ergibt sich aus dem eben Dargestellten, dass zwar Hirnversuche

---

[1]) CRUVEILHIER, Anatomie pathologique. Vol. I. Livraison XV. p. 5. 6.

[2]) Siehe CRUVEILHIER, ebendas. Livr. XVIII. p. 1. 2.

an Affen weiter als die an unseren Haussäugethieren führen, abe auch nicht alle die Wirkungen des Menschenhirns betreffende Räthsel lösen werden. Die Leichenöffnungen, die der Arzt anstell können lehren, dass eine gewisse Thätigkeit, wie z. B. das Denken die Auffassung der Sinneseindrücke, möglich bleiben, wenn z. B die Wassersucht der Hirnhöhlen die Wandungen der Grosshirnhalb kugeln zu einer dünnen Begrenzungsschicht umgewandelt oder di Eiterung den grössten Theil einer Hemisphäre des grossen oder de kleinen Gehirns verzehrt hat. Die umgekehrte Schlussweise, dass ei Bluterguss, ein Tuberkel oder eine örtliche Erweichung ein bestimmte Zeichen im Leben hervorrief, bleibt immer unsicher, weil andere Theil des Nervensystemes unthätig sein konnten, ohne dass es ein bi jetzt zu Gebote stehendes Untersuchungsverfahren in der Leich nachzuweisen im Stande ist. Vermag auf diese Art die pathologisch Anatomie die Erkenntniss der Thätigkeiten des Nervensystemes nur a dem Wege der Ausschliessung oder durch den Nachweis zu förde dass bestimmte unzweifelhaft krank gewesene Theile eine gewi Leistung nicht aufhoben, so muss man selbst in diesen günstig Fällen immer im Auge behalten, dass die Leitung auf Umweg wie wir sie auch künstlich hervorrufen können, die gewöh Thätigkeit wiederum herzustellen im Stande ist. Der Arzt darf a seits nie vergessen, dass man in keinem Falle mit Sicherheit geben vermag, wie weit sich der Wirkungskreis einer entzünde vereiterten oder erweichten Stelle, ein Tuberkel oder eine and örtliche Entartung des Gehirns während des Lebens erstreckt ha

b) Gehirnnerven.

§. 716. Der Geruchsnerv (N. olfactorius) bildet den rei Empfindungsnerven des Riechens. Seine Verletzung in Thieren zeugt weder Schmerz noch unmittelbare Muskelbewegung, wa scheinlich aber subjective Geruchsempfindungen. Man hat diese a bei Geschwülsten, die den Riechnerven des Menschen drückten, wa genommen.

§. 717. Die seit MAGENDIE an erwachsenen Säugethieren a gestellten Versuche hatten schon gelehrt, dass die Geruchsnerv die Riechempfindlichkeit, die in dieser verbreiteten Zweige des dr getheilten Nerven dagegen das Tastvermögen der Nase vermittel Die späteren Beobachtungen von BIFFI und von SCHIFF[1]) bestätigte

[1]) SCHIFF in Moleschott's Untersuchungen. Bd. VI. 1859. S. 254—67.

dieses auch für neugeborene Hunde, die den Eingriff leicht überleben, die Brüste der Mutter, so lange sie blind sind, nach Zerstörung der Geruchsnerven nicht sicher finden und Milch zu sich nehmen, welche die für Hunde übelriechendsten Körper z. B. das Tabaksdestillat enthalten. Sie machen aber oft noch Schnüffelbewegungen, wenn ihnen auch das Geruchsvermögen mangelt. Die in neuester Zeit wiederum geäusserten Zweifel von GIANUZZI, ob auch die Riechnerven alle Geruchsempfindungen vermittelten, fussen auf keinen bindenden Erfahrungen. Es versteht sich übrigens von selbst, dass man nur Prüfungskörper wählen darf, welche die Tastnerven der Nasenschleimhaut nicht erregen. Man muss daher nicht nur das Ammoniak und die Essigsäure, sondern auch alle Verbindungen, die eine schwache Schmerzensreizung neben der hauptsächlichen Geruchsempfindung erzeugen, ausschliessen.

§. 718. Der Mangel des Geruchssinnes hängt nicht nothwendiger Weise von einer Zerstörung der Geruchsnerven ab. Es gibt wahrscheinlich Structurveränderungen der Nasenschleimhaut, die das Riechvermögen aufheben. Zu starke oder zu oft wiederholte Gerüche stumpfen die Auffassung oder auch nur die Aufmerksamkeit auf die Gerüche ab. So wie die Feinheit des Riechsinnes in den verschiedenen Menschen ausserordentlich wechselt, so finden auch oft die Einen übelriechend, was den Anderen angenehm scheint. Die sonderbaren Gerüche, die manche Hysterische lieben, zeigen, wie sehr ein krankhafter Stimmungszustand der Nerven in dieser Hinsicht einwirkt.

§. 719. Man kennt noch nicht die Beziehungen des eigenthümlichen Baues der Fasern des Geruchsnerven (§. 79.), des Riechkolbens und des Riechstreifens zur Geruchsthätigkeit. Wir werden sehen, dass die Fasern des Sehnerven bis zu den Vierhügeln reichen und die übrigen Hirnnerven von diesen und den Grosshirnschenkeln oder der Brücke und dem verlängerten Marke abhängen. Der Geruchsnerv allein bleibt, so viel man weiss, in der Grosshirnhalbkugel und wird nur von ihr unmittelbar und zwar vorzugsweise von dem Vorderlappen derselben beherrscht. Es scheint hiermit zusammenzuhängen, dass starke Gerüche Kopfschmerzen und selbst Ohnmacht erzeugen. Die sogenannten Riechkörper, die zum Bewusstsein zurückführen, wie z. B. kaustischer Salmiakgeist, wirken hierbei auf die Tastempfindungs- und nicht auf die eigentlichen Riechnerven.

§. 720. Leichenöffnungen von Menschen, denen der Geruchssinn fehlte, wiesen den Mangel der Geruchsnerven oder der Riech-

streifen und die von solchen, die an anhaltenden subjectiven Geruchseindrücken litten, Fremdkörper nach, die den Riechnerven reizten[1]. Die Geschichte der Wissenschaft besitzt aber auch widersprechende Angaben. MAGENDIE führt einen Fall an, in dem die Geruchsnerven durch ein tuberkuloses Hirnleiden angeblich zerstört waren, der Geruch aber dessenungeachtet fortbestand. BÉRARD bemerkt jedoch, dass man das Letztere erst nach dem Tode erfuhr und dass er von der Unrichtigkeit der dann gemachten Angaben überzeugt sei[2]. BERNARD[3]) erwähnt eine Frau, bei der Mangel des Geruchsnerven und des Geruchslappens gefunden wurde. Die ebenfalls nach dem Tode eingezogene Erkundigung hätte gelehrt, dass die Geruchseindrücke von Blumen oder von Tabakrauch nicht mangelten. Tastempfindungen der Nase wurden hier wahrscheinlich mit wahren Gerüchen verwechselt.

§. 721. Es ist bei der Ausrottung des Augapfels des Menschen mehrfach beobachtet worden, dass die Durchschneidung des Sehnerven (N. opticus) nicht schmerzte. Der Kranke nahm aber gleichzeitig eine subjective Lichtempfindung, die meist mit einem Anblicke eines Blitzes verglichen wurde, wahr. Einzelne läugneten jede Empfindung irgend einer Art und Andere klagten über Schmerzen, weil wahrscheinlich die Ciliarnerven oder andere in dem Fette der Augenhöhle verlaufenden Empfindungsäste verletzt wurden[4]. Hat man den Sehnerven von Kaninchen vollkommen gesondert, so bleiben die Thiere bei der Trennung desselben ruhig oder schrecken höchstens auf, weil sie wahrscheinlich das subjective Flammenbild bemerken. Ein lauter Schrei, wie sie ihn nach der Verletzung schmerzempfindender Nerven von sich geben, kommt nicht vor. MAGENDIE benutzte Cataractenoperationen, die er an Menschen anstellte, um die Netzhaut mit der Staarnadel zu berühren. Dieser Eingriff schmerzte nicht. Das entgegengesetzte Ergebniss aber hätte der Ciliarnerven wegen nichts beweisen können.

§. 722. Diese Erfahrungen lehren, dass die Stösse der Aetherwellen nur Lichtempfindung mittelst des Sinnesnerven des Auges erzeugen. Nimmt man aber an, dass sie die Wärmeerscheinungen

[1]) Siehe z. B. Fälle der Art: De functionibus nervorum. p. 11. und L. TÜRK, Mittheilungen über Krankheiten der Gehirnnerven. Wien 1855. 8. S. 3. 4.

[2]) LONGET, Traité de physiologie. Tome II. Paris 1850. 8. p. 278.

[3]) CL. BERNARD, Leçons sur la physiologie et la pathologie du système nerveux. Tome II. Paris 1858. 8. p. 228. Vgl. auch SCHIFF, a. a. O. S. 375.

[4]) De functionibus nervorum p. 16. 17 und J. BUDGE, Lehrbuch der speciellen Physiologie des Menschen. Achte Auflage. Leipzig 1862. 8. S. 803. 804.

ebenfalls vermitteln, so würde folgen, dass nicht bloss die Netzhaut, sondern auch die Empfindungsnerven die Wirkungen derselben aufzufassen im Stande wären. Da das Wärmespectrum schon an Stellen jenseit des Anfanges des sichtbaren Roth auftritt, so folgt aus jener Annahme, dass das Wahrnehmungsvermögen des Gesichtssinnes erst bei einer grösseren Schnelligkeit des Rhythmus der Stösse, als die Erkenntniss durch die Tastwerkzeuge beginnt. Die Frage, ob möglichst kurze und daher als ultraviolett gesehene Aetherwellen keine merklichen Wärmeempfindungen erzeugen, bedarf noch einer näheren Prüfung. Da die Brechungskörper des Auges die Wärmestrahlen nach den Beobachtungen von JANSSEN und von FRANZ in reichlicher Menge verschlucken, so erzeugt auch helles Licht, das anhaltend in das Auge dringt, keine störende Erwärmung der Netzhaut. Die doppelte Wirkungsweise, die wir eben für die Aetherwellen kennen gelernt haben, wiederholt sich auch für die Schwingungen der wägbaren Theilchen. Wir hören sie als Geräusche oder Töne und fühlen sie als Erschütterungen.

§. 723. Die Erregung der Netzhaut führt zu keinen unmittelbaren Muskelverkürzungen. Sie erzeugt dagegen Reflexbewegungen zunächst der Regenbogenhaut und dann der Augenlider und selbst in anderen Theilen des Gesichtes. Die Pupille verengt sich im Hellen und erweitert sich im Dunkeln. Die gleichen Veränderungen können aber auch durch die Reizung der betreffenden Nerven oder der Irismasse selbst hervorgerufen werden. Sind die Zwischenbahnen unthätig, hat man den Sehnerven, den Sehstreifen, die Gesammtmasse des Sehhügels, die Vierhügel oder den gemeinschaftlichen Augenmuskelnerven durchschnitten, so fehlt die Grössenänderung des Sehloches, die sonst in Folge des die Netzhaut treffenden Lichtwechsels eintritt. Die Regenbogenhaut kann sich aber noch zusammenziehen, wenn helles Licht sie selbst trifft. Man muss diesen Umstand bei der Untersuchung der in der Regel erweiterten Pupille Amaurotischer berücksichtigen. (§. 408.). Kommt es in solchen Kranken ausnahmsweise vor, dass die Pupille im Hellen, wie im Dunkeln verengt bleibt, so wird man auf irgend einen anhaltenden Reizzustand, besonders des gemeinschaftlichen Augenmuskelnerven oder der Vierhügel zurückschliessen.

§. 724. Da ein nur kleiner Umkreis des Centralloches der Netzhaut das deutliche Sehen vermittelt, so ist der höchste Thätigkeitsgrad des edelsten Sinneswerkzeuges auf einen so engen Bezirk eingeschränkt, dass Störungen von geringem Umfange auf das Tiefste

eingreifen können. Mag auch der Kranke mit den Seitentheilen der Netzhaut, auf die er das Bild durch Schielen wirft, allmählig besser sehen lernen, so wird doch der Grad von Empfindungsschärfe, den die Umgebung des Centralloches gestattet, wahrscheinlicherweise nie erreicht. Die äussersten Theile der Netzhaut besitzen ein so dumpfes Auffassungsvermögen, dass die auf ihnen sich abspiegelnden Gegenstände nur eine mehr oder minder deutliche Lichtempfindung, nicht aber eine scharfe Auffassung aus diesem Grunde und nicht bloss wegen der optischen Unvollkommenheit des Bildes erzeugen. AUBERT schloss aus seinen Versuchen, dass die Deutlichkeit der Farbenempfindung abnimmt, sich aber nicht wesentlich ändert, wenn man von dem gelben Flecke weiter nach aussen gegen den Ciliartheil der Netzhaut fortschreitet. PURKINJE, HELMHOLTZ und SCHELSKE[1]) fanden dagegen, dass die Randtheile ihrer Netzhäute rothblind (§. 544.) sind. Die geringere Empfindlichkeit verrieth sich also hier durch den Mangel des Auffassungsvermögens der längsten Aetherwellen, ungefähr wie die gesunde Netzhaut die noch längeren nicht sieht, die Gefühlsnerven aber dieselben als Wärme empfinden können (§. 722.).

§. 725. Der verwickelte Bau der Netzhaut führte mich auf den Gedanken, dass die von den Fasern verschiedenen Elemente derselben die Einzelnheiten der Lichteindrücke aufnehmen und verändert oder verarbeitet den Sehnervenfasern überliefern. Ich verglich dabei die Thätigkeit der Stäbchen, die das von der Aderhaut des Auges zurückgeworfene Licht aufnehmen sollten, mit der der Tastwärzchen der Haut[2]). Der Satz, dass die Sehnervenfasern allein äussere Gegenstände nicht sehen können, folgte unmittelbar aus dieser Anschauungsweise. HELMHOLTZ fand mit seinem Augenspiegel, dass die an der Eintrittsstelle des Sehnerven freiliegenden Nervenfasern keinen Lichteindruck liefern. Diese Thatsache bestätigt die Annahme, dass die erste Auffassung des Lichtes durch die nicht faserigen Elemente der Netzhaut vermittelt wird. Die Vorstellung, dass gesonderte Eindrücke nur durch freie Nervenenden möglich seien, führte später zu der Ansicht, dass die Stäbchen allein die mosaikartige Auffassung der einzelnen Bildpunkte möglich machten. Diese Anschauung gewann eine anatomische Grundlage durch die Beobachtungen von KÖLLIKER und H. MÜLLER, nach denen sich die in der Netzhaut verlaufenden Fasern des Sehnerven

[1]) SCHELSKE in Gräfe's Archiv für Ophthalmologie. Bd. IX. Abth. III. 1863. S. 39—62.

[2]) De functionibus nervorum p. 106.

mit den Stäbchen durch die Ganglienkugeln, deren Fortsätze und die radialen oder Müller'schen Fasern verbinden. H. MÜLLER [1]) benutzte später die Purkinje'sche Aderfigur (§. 572.), um jene Anschauungsweise zu stützen.

§. 726. Wir sehen die Aderfigur in dem subjectiven Gesichtsfelde, weil sich undurchsichtige Blutgefässe zwischen der Lichtquelle und dem wahrnehmenden Theile der Netzhaut befinden. Chromsäurepräparate des Menschen lehren aber, dass die Gefässe in verschiedenen Höhen der Dicke der Netzhaut selbst verlaufen. Da die Richtungsänderung der einfallenden Strahlen die Gefässschatten in Bezug auf die wahrnehmenden Netzhautelemente um eine merkliche Grösse verschiebt, so müssen diese in einer verhältnissmässig beträchtlichen Entfernung hinter ihnen liegen. Diese Erscheinung und eine auf sie bezogene hypothetische Rechnung führten MÜLLER zu dem Schlusse, dass nur die Zapfen und die Stäbe, nicht aber die Fasern des Sehnerven, die inneren Enden der strahligen Fasern, die Nervenzellen und die Körner die erste Auffassung der Bilder vermittelten. SCHULTZE erklärte später die strahligen Fasern für Bindegewebe und WEBER bezweifelte, dass die Lichtauffassung allen Zapfen und Stäben zukomme. Man pflegt dessenungeachtet die erste Aufnahme des Lichteindruckes diesen Theilen mit Sicherheit zuzuschreiben, die kleinsten kenntlichen Netzhautbilder (§. 520.) mit ihrer Grösse in Beziehung zu bringen und die Haidinger'schen Lichtbüschel (§. 575.) von ihrer Wirkung herzuleiten.

§. 727. Die Thatsache, dass die Zapfen und die Stäbe optisch positiv und nicht wie die in der Netzhaut verlaufenden Sehnervenfasern negativ in Bezug auf ihre Längsachse sind, spricht nicht unmittelbar gegen jene Auffassungsweise, unterstützt sie aber auch nicht. Die Behauptung, dass der gelbe Fleck des Menschen keine Ganglienkugeln enthalte, ist jedenfalls nicht richtig. Die Angabe, dass die Sehnervenfasern ihn wulstartig umgeben, nicht aber in ihn eindringen, wird sich erst dann vertheidigen lassen, wenn die Untersuchung in polarisirtem Lichte und auf rothem Gypsgrunde (§. 73.) das Gleiche gelehrt haben wird, obgleich auch solche negative Ergebnisse immer nur zu Wahrscheinlichkeits-, nicht aber zu unbedingt sicheren Schlüssen führen können. Die helle Perlenmosaik, die man in dem subjectiven Gesichtsfelde häufig bemerkt, entspricht

[1]) H. MÜLLER, Ueber die entoptische Wahrnehmung der Netzhautgefässe. Würzburg 1855. 8. S. 30—39.

wahrscheinlich den Endflächen der Stäbchen und Zapfen, deren mikroskopisches Bild in der Vogelperspective ähnlich aussieht. Die von der Aderhaut zurückgeworfenen Strahlen projiciren wahrscheinlich jene Mosaik der Endflächen auf empfindende Netzhauttheile.

§. 728. Man kann die unmittelbare Auffassung der Lichteindrücke durch die Stäbchen und die Zapfen ebenso wenig mit Sicherheit behaupten, als unzweifelhaft widerlegen. Dasselbe gilt von der von BRÜCKE und zum Theil von HANNOVER[1]) vertheidigten Ansicht, dass jene Gebilde die schon einmal durch die Netzhaut gegangenen Strahlen ihr von Neuem durch gänzliche Zurückwerfung zuführen. So viel scheint aber gewiss, dass andere Theile, als die Nervenfasern der Netzhaut die Lichterregungen aufnehmen. Wir haben §. 184. gesehen, dass nicht die Unruhe der Aethertheilchen, sondern die der wägbaren Molecüle der Markmasse der Sehnervenfasern die das Sehen bewirkende Erregung nach dem Gehirne fortpflanzt. Man kann sich daher vorstellen, dass diejenigen nicht faserigen Elemente der Netzhaut, welche den Lichteindruck unmittelbar aufnehmen, so gebaut sind, dass sie einen Empfindlichkeitsgrad für die Wirkungen der Stösse der Aetherwellen besitzen, der dem Nervenmarke nicht zukommt. Die durch mechanische oder elektrische Reize hervorgerufenen subjectiven Lichterscheinungen lehren aber schon, dass die Bewegungen der wägbaren Theile des Markes in Lichtempfindung übersetzt werden.

§. 729. Man kann sich von der Auffassung aller möglichen Farbenarten Rechenschaft geben, wenn man voraussetzt, dass die Fähigkeit, drei Hauptfarben z. B. Roth, Grün und Blau zu unterscheiden, vorhanden ist. YOUNG[2]) nahm an, dass es demgemäss drei Gattungen von Nervenfasern gibt, von denen je eine zur Erkenntniss nur einer einzigen der genannten Farben dient. HELMHOLTZ[3]) und zum Theil MAXWELL und AUBERT[4]) haben sich in neuester Zeit dieser Anschauungsweise angeschlossen. Die Rothblindheit (§ 544.) lässt sich hiernach als eine Lähmung oder einen Mangel der Roth sehenden Fasern betrachten. Ein anderer Ausdruck desselben Grundgedankens bestände darin, dass man die

[1]) A. HANNOVER, Das Auge. Leipzig 1852. 8. S. 58—65.
[2]) YOUNG, Phil. Transact. 1802. p. 19.
[3]) HELMHOLTZ, Physiologische Optik. S. 291.
[4]) AUBERT, Physiologie der Netzhaut. Breslau 1864. 8. S. 177—186.

Verschiedenheit der Auffassung nicht auf die der Nervenfasern, sondern der nervösen Zwischentheile der Netzhaut, wie der Körner oder der Ganglienkugeln und deren Wechselwirkung mit den Nervenfasern bezöge.

Mehrere Erscheinungen sprechen gegen diese Vorstellungen. Da man die meisten Spectralfarben (§. 724.) an jedem Punkte des Gesichtsfeldes erkennt, so müsste man nach jener Meinung voraussetzen, dass die drei Arten von Farbenfasern an allen Stellen auf das Innigste und in gleicher Weise gemischt sind. Die kleinste noch sichtbare Fläche erscheint nicht nothwendiger Weise einfarbig, wenn sie ursprünglich weiss und z. B. nicht grün, wenn sie an und für sich roth ist. Die Berechnung ergibt aber, dass ein gutes Auge solche kleinste Flächen noch erkennt, wenn die Breite derselben hinter der der Sehnervenfasern der Netzhaut oder der der Stäbchen und der Zapfen zurücksteht. Ein anderer Gegengrund liegt in den Eigenschaften der subjectiven Nachwirkungen. Hat man das Auge durch helles Licht geblendet und richtet hierauf dasselbe auf eine weisse Wand, so klingen oft die Nachbilder in verschiedenen Farben ab. Man sieht aber dann z. B. eine lange Zeit an demselben Bezirke Grün, wo später Roth auftritt. Die den Bewegungen des Auges genau entsprechenden Verschiebungen des farbigen Fleckes lehren, dass hier immer dieselben Orte der Netzhaut subjectiv thätig sind. Man kann daher als wahrscheinlicher annehmen, dass eine und dieselbe Netzhautstelle die verschiedensten Spectralfarben, die mannichfachsten Schwankungen des Rhythmus der Stösse der Aetherwellen erkennen lässt.

§. 730. Die mikroskopische Untersuchung kranker Augen könnte in mancher Hinsicht genügendere Aufschlüsse als physiologische Versuche liefern. Gelänge es z. B. ein Mal nachzuweisen, dass die Zapfen und die Stäbe in einem Bezirke mangelten oder undurchsichtig waren, mit dem der Mensch, wenn auch nicht mit hinreichender Schärfe gesehen, doch die Formen und die Farben erkannt hatte, so würde die Frage über die unmittelbare Aufnahme der Lichtwirkungen durch jene Gebilde sicherer entschieden, als dieses je durch anatomische oder physiologische Untersuchungen möglich wäre. Es frägt sich übrigens, ob nicht schon der Augenspiegel einen solchen Fehler bei der Durchsichtigkeit der lebenden Netzhaut nachweisen könnte. Die Verbindung stark vergrössernder Linsen mit dem Augenspiegel könnte hier, wie in vielen anderen Beziehungen wesentlich nützen. Es war dagegen ein Missgriff, wenn man die lichtempfindenden

Gewebtheile der Netzhaut mittelst des mikroskopischen Nachweises der in Folge der Sehnerventrennung entarteten und der nicht entarteten Theile feststellen zu können glaubte. Nur das Mark ändert sich nach jenem Eingriffe in sichtlicher Weise (§. 92.).

§. 731. Da die Zerstörung des Auges eine Atrophie des Sehnerven nach sich zieht, so glaubte man die Leichenöffnungen von Einäugigen benutzen zu können, um über den Faserverlauf in dem Chiasma der Sehnerven Aufschluss zu erhalten. Es fand sich hierbei, dass bald der Sehstreifen der gleichen und bald der der entgegengesetzten Seite und in manchen Fällen sogar beide an Umfang abgenommen hatten. Man konnte daher keine sichere Belehrung auf diesem Wege erhalten. Die ungleichen Ergebnisse erklären sich daraus, dass sich ein Theil der Fasern kreuzt, während ein anderer an derselben Seite fortgeht[1]). Weder physiologische noch pathologische Erfahrungen haben bis jetzt gelehrt, welchen Abschnitten der Netzhaut die der ersteren und welchen die der letzteren Classe entsprechen. Man kann aber aus den §. 732. dargestellten Erscheinungen schliessen, dass die sich kreuzenden Fasern die wesentlichere Rolle für das Sehen der Säugethiere übernehmen.

§. 732. Die Sehhügel bilden nur die Durchgangsorte, nicht aber die Centralwerkzeuge der Sehnerven. Diese liegen vielmehr in den Vierhügeln. Die vorderen scheinen in dieser Hinsicht einflussreicher als die hinteren zu sein. Die Wirkung zeigt eine seitliche Kreuzung an. Die Abtragung der rechten Hälfte der gesammten Vierhügel oder der vorderen Erhabenheiten macht das linke Auge blind und umgekehrt. Da sich dieser gekreuzte Einfluss für die Uebergangsstelle von dem Sehhügel in die Vierhügel wiederholt, so folgt, dass diejenigen Fasern, die sich schon in dem Chiasma kreuzen, die wichtigeren für das Sehen sind. Die Beziehungen der Vierhügel zu den Regenbogenhäuten beider Augen werden uns bei dem gemeinschaftlichen Augenmuskelnerven beschäftigen.

§. 733. Man kann noch nicht erklären, wesshalb wir die zwei Bilder desselben Gegenstandes, den die beiden Netzhäute liefern, zu einer einfachen Anschauung nur unter gewissen Nebenbedingungen ihrer Abspiegelungsorte verbinden. Die sogenannte Identitätslehre (§. 558.) gibt nur ein Wort für die Erscheinung, dass zwei Stellen der beiden Netzhäute, die ungefähr eben so weit oben, unten oder die eine innen und die andere aussen von dem Centralloche

---

1) Siehe z. B. die schematische Abbildung bei HANNOVER, Das Auge. Tab. I. Fig. 1.

liegen, das Einheitsbild, alle anderen Bezirke dagegen Doppelbilder liefern. Man erläutert sie gewöhnlich an Schemenzeichnungen, die eine reine Kugelform des Auges stillschweigend voraussetzen. Da aber die Brechungskörper unserer Gesichtswerkzeuge weder centrirt, noch mit Oberflächen, die Umdrehungskörpern entsprechen, ausgestattet sind, so kann eine mathematisch genaue Identität in der Wirklichkeit nicht auftreten. Die Erfahrung lehrt auch, dass die Auffassung der Einheitsbilder erhalten bleibt, wenn sich der Bildpunkt des zweiten Auges etwas weiter von dem Centralloche entfernt, als der des ersten, dass also einem Punkte der Netzhaut ein gewisser Bezirk der anderen gleichwerthig erscheint und die doppelten Bilder erst nach dem Ueberschreiten desselben bemerkt werden (§. 558.). STEINBUCH[1]), der schon die Identitätslehre klar entwickelte, suchte die aus ihr hervorgehenden Erscheinungen als Folgen der Erziehung zu erklären. Ein Mensch, in dessen einem Auge eine künstliche Pupille wegen des Verschlusses der natürlichen angelegt worden, lerne daher allmählig mit ungleichwerthigen Netzhautstellen einfach sehen. Man hat aber hier wahrscheinlich den gleichen Fall, wie in Schielenden, dass sich der Kranke allmählig gewöhnt, das eine der beiden Doppelbilder zu vernachlässigen.

Die Ursache der Gleichwerthigkeit kann nicht in dem Baue der Netzhaut liegen. Wiche dieser an den einzelnen Stellen so sehr ab, dass verschiedene Bilder mit dem Wechsel der Oertlichkeit aufträten und sich die Uebereinstimmung nur für gleichwerthige Bezirke geltend machte, so müsste sich der Unterschied schon bei dem Sehen mit verschiedenen Netzhautbezirken eines Auges verrathen. Die Eigenthümlichkeit rührt auch nicht von einer teleologischen Beziehung zu den Muskelbewegungen her, da die Gleichwerthigkeit das Einfachsehen bei der Betrachtung naher Gegenstände und der hierzu nöthigen Convergenz nach innen am meisten beschränkt. Sie ist eben so wenig in einer einfachen symmetrischen Vertheilung begründet. Geht man von einer Ebene aus, die man sich nach aussen von der rechten oder der linken Körperoberfläche gelegen denkt, so sind ein innerer Bezirk der einen und ein äusserer der zweiten Netzhaut symmetrisch, zwei innere dagegen asymmetrisch. Die Lage der Theile in beiden Augenhöhlen und die Eintrittsstellen der Sehnerven sprechen aber dafür, das man die Mittelebene und keine Seitenebene der Betrachtung zum Grunde legen muss. Wäre endlich

[1]) J. G. STEINBUCH, Beitrag zur Physiologie der Sinne. Nürnberg 1811. 8. S. 245.

der Einheitseindruck Erziehungssache, so liesse sich erwarten, dass wir auch einfach zu sehen lernen könnten, wenn sich der Gegenstand auf nicht gleichwerthigen Orten abspiegelt. Da sich aber dann Doppelbilder trotz allen Gegenzeugnisses des Bewusstseins darstellen, so haben wir hier dieselbe unabweisbare Erscheinung, wie bei den Integritätsgefühlen der Amputirten und den Wirkungen der peripherischen Deutung (§. 584.) überhaupt. Alle diese Leistungen zeugen für die Anwesenheit einer bestimmten Claviatur in dem centralen Nervensysteme, deren Einzelnheiten man nicht anzugeben im Stande ist.

§. 734. Die Gesichtseindrücke bilden die häufigste, nicht aber die einzige Ursache des Schwindels gesunder Menschen. Wie der Verlust der symmetrischen Thätigkeit der beiden Seitenhälften einzelner Hirntheile zu Zwangsbewegungen führt (§. 690.), so kann man den Schwindel als eine ähnliche Zwangsempfindung ansehen. Die verschiedenartigen Kreisbewegungen kommen in jenem Falle auf ähnliche Weise zu Stande, wie die Curven, in denen sich die Planeten um die Sonne bewegen. Jeder unendlich kleine Abschnitt bildet hier die Diagonale eines Parallelogrammes von Kraftwirkungen, der vermöge der Trägheit anhaltenden Bewegungsrichtung und der als centripetales Streben thätigen Anziehung. Die nächsten Folgen der halbseitigen Hirnverletzungen bestehen darin, dass die Muskeln der einen Seitenhälfte des Körpers schwächer, als die der anderen wirken. Die vollständige Sonderung der Leistungen beider fehlt zugleich so lange, als der Reizzustand anhält (§. 598.). Sie liefern dann zwei an Stärke ungleiche Kräfte, deren verschiedene Zugrichtungen sich zu einer Diagonale in jedem unendlich kleinen Zeittheile zusammensetzen. Man erhält daher eine Reihe von unendlich kleinen geraden Linien oder von Tangenten und im Ganzen eine in sich geschlossene Curve. Der Schwindel, der eine Nachwirkung einer Sinnesempfindung bildet oder auch durch ungleichen Druck der verschiedenen Hirntheile in Folge von Blutfülle oder theilweiser Blutleere oder anderer Ursachen entsteht, wird als Kreisschwindel oder mit dem Eindrucke einer geschlossenen Curve auftreten, wenn die beiden Seitenhälften ungleich wirken, sonst dagegen das Gefühl eines gerad- oder krummlinigen Umsinkens erzeugen. Hat eine Zangengeburt die Schädelknochen verschoben und die spätere Verknöcherung diese seitliche Asymmetrie nicht ausgeglichen, so besitzt ein solcher Mensch eine besondere Neigung zu Schwindelanfällen. Diese Auffassungsweise der Verhältnisse stimmt auch damit, dass

die verschiedensten Sinneseindrücke, besonders aber die Gesichtswahrnehmungen zu Schwindel führen und Blinde dessenungeachtet an demselben leiden können. Die Versuche von PURKINJE lehrten, dass die nachträgliche Wendung des Kopfes die scheinbare Richtung der Schwindelbewegungen ändert. Ein wagerechter Schwindel, den man bei rückwärts gebeugtem Kopfe erzeugt hat, wird zu einem senkrechten, so wie man den Kopf in die gewöhnlich aufrechte Stellung bringt. Der gleiche Lagenwechsel nach Drehbewegungen während der Kopfneigung nach einer Seite oder nach vorn, führt zu der Täuschung, als wenn die Gegenstände vorn oder hinten hinauf- oder hinuntergingen oder sich in der Richtung eines senkrechten Rades drehten. Wie der Gesichtsschwindel selbst auf einer Nachempfindung beruht, so greift auch die Stellungsänderung des Kopfes in allen diesen Fällen entscheidend ein. Was wir Schwindel nennen, entspricht nur einer allgemeinen Empfindung, die von der asymmetrischen Wirkung der verschiedensten Hirntheile herrühren kann. Die Unmöglichkeit, die näheren Verhältnisse in Thierversuchen zu verfolgen, die Unbestimmtheit, mit welcher der Kranke selbst die Einzelnheiten auffasst und die Unzuverlässigkeit der Leichenöffnungen werden es immer unmöglich machen, jene Summe scharf beobachteter Einzelerscheinungen auf diesem Gebiete zu gewinnen, welche die ausschliessliche sichere Grundlage der klaren Erkenntniss bildet.

§. 735. Obgleich der gemeinschaftliche Augenmuskelnerv (N. oculomotorius) zu den Bewegungsnerven gehört, so schmerzt doch seine Reizung innerhalb der Schädelhöhle. SCHIFF und BERNARD sehen dieses als die Folge einer rücklaufenden Empfindlichkeit (§. 579.), die von Fasern des dreigetheilten Nerven herrührt, an. Die Bewegungseinflüsse erstrecken sich auf den Aufheber des oberen Augenlides und alle Augenmuskeln mit Ausnahme des äusseren geraden und des oberen schiefen, mithin auf den oberen, den inneren und den unteren geraden und den unteren schiefen Muskel und auf die Regenbogenhaut des Auges. Der obere Ast versorgt den Heber des oberen Lides und den oberen geraden Augenmuskel, der untere dagegen die übrigen genannten Muskelmassen. Da der obere und der untere gerade Muskel von demselben Bewegungsnerven abhängen, so hat man hier ein Beispiel des auch sonst oft vorkommenden Falles, dass der gleiche Nervenstamm zwei Gegenfüssler beherrscht. Die Gesammtlähmung des gemeinschaftlichen Augenmuskelnerven verräth sich daher auch nach-

drücklicher durch die regelwidrige Drehung des Auges um die senkrechte, als um die wagerechte Achse.

§. 736. Das Herabfallen des oberen Augenlides (Ptosis, Blepharoplegia) bildet die im Gebiete des dritten Hirnnerven häufigste Lähmungsform. Da sie sich nur auf einen Theil des oberen Astes bezieht und der obere gerade Augenmuskel thätig zu bleiben pflegt, so verräth sich hierdurch ein centrales und kein rein peripherisches Leiden. Das Schielen nach aussen, das bei tieferen Netzhautkrankheiten und auch sonst auftritt, hängt ebenfalls nur von einer gewissen Summe von Fasern des unteren Astes ab. Ist aber der gemeinschaftliche Augenmuskelnerv im Ganzen gelähmt, so gesellt sich noch eine Reihe anderer Zeichen zu jenen beiden Bewegungsstörungen.

§. 737. Die geraden Augenmuskeln drehen nicht bloss den Augapfel, sondern ziehen ihn auch gegen den Grund der Augenhöhle zurück. Die schiefen suchen ihn nach vorn zu bewegen. Man findet daher bisweilen bei Lähmungen des gemeinschaftlichen Augenmuskelnerven, dass der kranke Augapfel etwas stärker als der gesunde hervorragt. Der durch den oberen schiefen Muskel bedingte Zug nach vorn hat dann das Uebergewicht über den durch den äusseren geraden Muskel erzeugten Zug nach hinten. Die Augenlidspalte kann willkürlich geschlossen werden, weil der Kreismuskel der Augenlider von dem Antlitznerven abhängt. Die Oeffnung dagegen bleibt der Ptosis wegen unvollständig. Der Kranke muss das obere Augenlid mit den Fingern heben, wenn er mit dem entsprechenden Auge vollkommen sehen will. Die ungehinderte Thätigkeit des oberen schiefen Augenmuskels gestattet die willkürliche Bogenwendung des Auges nach unten und aussen. Das Widerspiel des kräftigeren äusseren Augenmuskels macht aber jene Bewegung mühsamer und unsicherer und lässt sie nur kurze Zeit anhalten, so dass bald wiederum der Augapfel gerade nach aussen schnellt. Die durch den unteren schiefen Muskel erzeugte Stellung des Auges nach oben und innen, die im Schlafe vorkommt und durch die man den wahren Schlaf von dem erheuchelten unterscheiden kann, scheint hier in geringerem Grade aufzutreten. Ist der obere oder der untere gerade Augenmuskel mit oder ohne den inneren nur in ungleichem Grade geschwächt, so weicht das Auge nicht bloss nach aussen, sondern zugleich nach oben oder nach unten, je nachdem der entsprechende gerade Muskel das Uebergewicht hat.

§. 738. Reizt man den gemeinschaftlichen Augenmuskelnerven eines frisch getödteten Säugethieres innerhalb der Schädelhöhle, so ziehen sich bisweilen der äussere gerade und selbst der obere schiefe Augenmuskel, so wie der dem Menschen fehlende Zurückzieher des Augapfels zusammen, wenn auch die Verbindung mit dem Gehirn nicht mehr besteht. Da es im Menschen hin und wieder vorkommt, dass Oculomotoriuszweige zu jenen Muskeln gehen, so darf man nicht aus der Schwäche des äusseren geraden und des oberen schiefen Augenmuskels neben der Unthätigkeit der übrigen Augenhöhlenmuskeln unbedingt schliessen, dass andere Nerven, als der gemeinschaftliche Augenmuskelnerv leiden. Die Lähmung einer grösseren Zahl von Nerven wird aber eine um so grössere Wahrscheinlichkeit für sich haben, je vollständiger sich die Leistungsfähigkeit jener Muskeln verloren hat. Die Abweichungen verrathen sich am nachdrücklichsten, wenn der äussere Augenmuskelnerv ebenfalls unthätig ist. Das Auge kann dann seine natürliche Stellung in der Ruhe darbieten. Nur die vollkommene Unmöglichkeit der Bewegung nach innen oder nach aussen verräth das gleichzeitige Leiden des dritten und des sechsten Hirnnerven. Die von LOEBNER[1]) angegebene Thatsache, dass sich die Augenmuskeln durch elektrische Ströme nicht mehr zusammenzogen, wenn sie selbst noch dem Willen bei unvollkommener Lähmung gehorchten, lässt sich von physiologischem Standpunkte nicht erklären.

§. 739. Die Schwäche des gemeinschaftlichen Augenmuskelnerven einer Seite verräth sich durch die Asymmetrie der Wendungen beider Augen, wenn der Blick einem bewegten Gegenstande zu folgen sucht. Die Drehungen nach aussen oder nach aussen und unten fallen im Allgemeinen in dem kranken Auge stärker, als in dem gesunden aus. Das Umgekehrte verräth sich dagegen für die übrigen Bewegungen. Die grossen Anstrengungen der geschwächten Augenmuskeln, welche dessenungeachtet nur zu unvollkommenen Leistungen führen, erzeugen häufig krampfhafte Verkürzungen der gesunden Muskeln. Die Disharmonie der Augenstellung nimmt hierdurch noch mehr zu.

§. 740. Die Reizung des von dem Gehirn getrennten Stammes des gemeinschaftlichen Augenmuskelnerven eines Säugethieres innerhalb der Schädelhöhle verengert das Sehloch. Man hat also **Myosis**. Die Durchschneidung erzeugt eine Erweiterung oder **Mydriasis**,

---

[1]) F. A. LOEBNER, Nonnulla de Nervi oculomotorii paralysi. Lipsiae 1859. 8. p. 18. 19.

welche jedoch den höchsten überhaupt möglichen Grad nicht erreicht. Die Erregung des Halstheiles des sympathischen Nerven oder das Eintröpfeln von Atropin in den Bindehautsack hat dann noch eine fernere Vergrösserung des Pupillendurchmessers zur Folge. Die Verengerung des Sehloches, die sonst jeder stärkeren Wirkung des Lichtes auf die Netzhaut folgt, mangelt, nicht aber diejenige, die sich nach der Entleerung der wässrigen Feuchtigkeit einstellt[1]). Alle diese Erscheinungen kehren auch für den Menschen wieder. Die Betrachtung des sympathischen Nerven wird uns zu ihnen zurückführen.

§. 741. Obgleich die Sehkraft durch die Trennung des gemeinschaftlichen Augenmuskelnerven an und für sich nicht leidet, so erzeugen doch die Nebenwirkungen derselben mancherlei Störungen. Die disharmonische Stellung der Gesichtsachsen hat zur Folge, dass ein Mensch, der an Halblähmung oder an vollständiger Unthätigkeit jenes Nerven seit nicht zu langer Zeit leidet, von Doppelbildern belästigt wird, wenn auch sein Sehvermögen sonst nicht gestört ist. Das dem kranken Auge entsprechende Bild steht schief, wenn der ursprünglich senkrechte Meridian des Auges durch den äusseren und den oberen schiefen Augenmuskel nach aussen und unten gedreht worden. Die Lage und die Ortsveränderung der Doppelbilder und der Nachbilder können die Wirkungsgrösse der einzelnen, nicht vollkommen gelähmten Muskeln bestimmen. Der Kranke gewöhnt sich allmählich hier, wie in anderen Arten des Schielens, das zweite Bild, welches das leidende Gesichtswerkzeug liefert, zu vernachlässigen und nur mit einem Auge zu sehen. Die nicht gebrauchte Netzhaut kann desshalb einen grösseren Theil ihrer Leistungsfähigkeit einbüssen. Sie gewinnt aber ihre früheren Kräfte nach der Beseitigung der Lähmung des dritten Hirnnerven rasch wieder. Die Gezwungenheit und das Schwanken der gleichzeitigen Bewegungen beider Augen (§. 739.) führen oft zu Undeutlichkeit des Sehens, dem Scheine des Zitterns der erblickten Gegenstände und selbst zu Schwindel. Der Kranke stellt bisweilen den Kopf schief, um einen Punkt mit beiden Augen mit nahezu gleicher Schärfe zu erkennen. Da sich das Sehloch in hellem Lichte nicht mehr verengt, so tritt dann eine grössere Summe von Strahlen in das Auge. Eine zu bedeutende Lichtstärke blendet daher leichter, als unter regelrechten Verhältnissen.

[1]) J. Budge, Ueber die Bewegung der Iris. Braunschweig 1855. 8. S. 63. 64.

§. 742. Sind auch die von dem gemeinschaftlichen Augenmuskelnerven abhängenden Muskeln des Augapfels gelähmt, so kann dessen ungeachtet die Pupille ihre Beweglichkeit bewahren. Es ist sogar vorgekommen, dass die Regenbogenhaut anhaltende Wechselkrämpfe darbot[1]), wie sie dem sogenannten Hippus, der fortwährend abwechselnden Verengerung und Erweiterung der Pupille eigen sind. Atropin wirkt dann auf die kranke Regenbogenhaut wie auf die gesunde.

§. 743. Graefe fand das Anpassungsvermögen erhalten, wenn auch die Augenmuskeln geschwächt waren oder die Regenbogenhäute beider Augen angeborene Colobomaspalten darboten. Canstatt bemerkte nur eine Schwächung, Loebner[2]) dagegen einen vollkommenen Mangel desselben selbst in einem Falle unvollkommener Lähmung des Augenmuskelnerven. Die Pupillenverengerung nach dem Einlegen von Calabarpapier in den Bindehautsack entsteht später und hält dafür länger an, als die künstliche Kurzsichtigkeit, die das Gift erzeugt[3]). Genauere Untersuchungen über das Anpassungsvermögen nicht bloss durch Leseproben, sondern auch mittelst des Augenspiegels (§. 497.) wären um so wünschenswerther, als sie zugleich über die Theile Aufschluss geben würden, welche die inneren Veränderungen des Auges bewirken und wie sie bei dem Nahe- und dem Fernsehen thätig sind.

Die ungewöhnliche scheinbare Ortsveränderung der Gegenstände des Gesichtsfeldes führt leicht zu Schwindel. Er kann sich je nach den Verhältnissen des gesunden Auges mehr oder minder geltend machen.

§. 744. Viele Verletzungen des centralen Nervensystemes erzeugen regelwidrige Augenstellungen, die ihrem Wesen nach zu den Zwangsbewegungen (§. 690.) gehören. Verwundungen des kleinen Gehirns führen hier zu den auffallendsten Ergebnissen. Hat man die eine Kleinhirnhemisphäre eines Kaninchens durchschnitten, so rollt gewöhnlich das Auge der entsprechenden Seite in der Augenhöhle herum oder starrt in selteneren Fällen nach hinten und oben. Das der entgegengesetzten Seite ist immer stier nach vorn und

---

[1]) Siehe z. B. R. Ulrich, De Catoptrices et Dioptrices in oculorum morbis cognoscendis usu atque utilitate. Gottingae 1853. 4. p. 36. Loebner, a. a. O. p. 5. und p. 22.

[2]) Loebner, a. a. O. p. 6. und p. 23

[3]) Robertson, Journal de Pharmacie. Troisième Série. Tome XLIV. 1863. p. 51. und 351. Graefe in s. Archiv. Bd. IX. Abth. III. S. 95. B. Ruete in Wagner's Arch. d. Heilkunde. Bd. V. Leipzig 1864. S. 177.

unten gerichtet. Die Trennung des mittleren Kleinhirnschenkels hat den umgekehrten Erfolg. Das Auge der kranken Seite bleibt nach vorn und unten und das andere nach hinten und oben gerichtet. Die Quertrennung der einen Seitenhälfte der Brücke erzeugt die gleiche, die der Pyramide und der strickförmigen Körper dagegen bisweilen nach MAGENDIE die umgekehrte Wirkung. Die Trennung des einen Grosshirnschenkels oder der Ausstrahlung desselben in das grosse Gehirn kann auf die von dem gemeinschaftlichen Augenmuskelnerven beherrschten Theile wirken. Das Schielen nach aussen, das man in manchen Hemiplegischen findet, hängt hiermit zusammen.

§. 745. Verwundungen der Vierhügel können Augenbewegungen zur Folge haben. Sie erzeugen sich aber wahrscheinlich erst auf dem Wege des Reflexes. Jene Hirntheile wirken dagegen auf das Nachdrücklichste auf die Regenbogenhaut und die Sehkraft des Auges (§. 732.). Reizt man auch nur die eine Hälfte der Vierhügel, so ändern sich doch meistentheils die Grössen der Pupillen beider Augen. Hat die Abtragung eines vorderen Vierhügels ein Kaninchen an der entgegengesetzten Seite geblendet, so verkleinert sich doch noch das Sehloch, wenn ein starker Lichteindruck das andere Auge anregt[1]). Die Amaurose eines Auges des Menschen bietet nicht selten das Gleiche dar. Die vorsichtige Reizung des einen hinteren Vierhügels kann zu ausschliesslicher Pupillenverengerung des entgegengesetzten Augapfels führen. Die nachdrücklichere Erregung wirkt auf beide Augen.

§. 746. Der Rollmuskelnerv (N. patheticus s. trochlearis) beherrscht den oberen schiefen Augenmuskel. Das Auge sinkt bei der Lähmung desselben in die Augenhöhle in geringem Grade zurück. Die Rollung des Augapfels nach aussen und unten und die Bewegung nach unten überhaupt sind erschwert. Sieht der Kranke Doppelbilder, so steht wiederum das der leidenden Seite entsprechende Bild in dem Maasse schief, als der einseitige Einfluss des unteren schiefen Augenmuskels den senkrechten Meridian des Auges in seiner Zugrichtung gedreht hat. Das Doppeltsehen verräth sich am auffallendsten bei dem Blicke nach unten. Es erzeugt eine ähnliche Wirkung, als hätte man vor den beiden Augen Prismen in ungleichen Entfernungen aufgestellt.

---

[1]) SCHIFF, a. a. O. S. 358.

§. 747. Berücksichtigt man nur die quergestreiften Muskelmassen, so bildet die grössere Wurzelabtheilung des dreigetheilten Nerven (N. trigeminus) einen Empfindungs- und die kleinere einen, wie es scheint, reinen Bewegungsnerven. Man hätte hiernach ein ähnliches Verhalten, wie in den Wurzeln der Rückenmarksnerven, nur mit dem Unterschiede, dass hier die empfindende Wurzel bedeutend stärker als die bewegende wäre. Die mechanische Reizung des dreigetheilten Nerven in der Schädelhöhle erzeugt auch lebhaftere Schmerzen, als die jedes anderen Hirnnerven. Die bis jetzt gewonnenen Erfahrungen sprechen zwar dafür, dass die kleinere Abtheilung des dreigetheilten Nerven nur Bewegungsfasern einschliesst. Die grössere hingegen kann nicht mehr als ein blosser Empfindungsnerv angesehen werden, so wie man auch andere Verkürzungsgebilde als die quergestreiften Muskelmassen berücksichtigt.

§. 748. Das Sehloch der Kaninchen verengert sich, man mag den dreigetheilten Nerven vor oder hinter den Gasser'schen Knoten oder die eine Hälfte des verlängerten Markes durchschnitten haben. Der Pupillendurchmesser nimmt dabei nach BUDGE[1]) langsam ab und hält dafür lange und oft noch nach dem Tode des Thieres an. Dasselbe wiederholt sich in Fröschen, nicht aber in Hunden und Katzen, deren Sehloch sich in Folge jenes Eingriffes erweitert. Die Pupillenverengerung wird auch in einzelnen Fällen von Lähmung des dreigetheilten Nerven des Menschen angegeben[2]). Dieses stimmt mit einer anatomischen Beziehung. Der Halstheil des sympathischen Nerven ist von dem des herumschweifenden Nerven im Kaninchen eben so scharf geschieden, als in dem menschlichen Körper. Beide Nervenstämme verschmelzen dagegen auf das Innigste in vielen Fleischfressern. Die meisten Forscher waren nicht im Stande, eine Veränderung des Sehloches durch die Reizung des von dem centralen Nervensysteme getrennten dreigetheilten Nerven zu erzeugen, wenn sie sich vor elektrischen Stromesschleifen und anderen Täuschungsquellen zu schützen suchten. Nur BALOGH[3]) nimmt an, dass die Bewegungsfasern der Pupillenerweiterung in dem dreigetheilten Nerven verlaufen, weil die elektrische Erregung des Augenastes des dreigetheilten Nerven oder des Gasser'schen Knotens das Sehloch vergrössert, und die bei der Erstickung eintretende Pupillen-

---

[1]) J. BUDGE, Ueber die Bewegung der Iris. Braunschweig 1855. 8. S. 99. 100.

[2]) Siehe z. B. die Tabelle. Ebendaselbst. S. 179.

[3]) BALOGH, Moleschott's Untersuchungen. Bd. VIII. 1862. S. 423—434.

erweiterung nach der vollständigen Durchschneidung jenes Knotens, nicht aber nach der des Halsstammes des sympathischen Nerven aufhört. Diese Erfahrungen beweisen nicht, dass die Wurzeln des dreigetheilten Nerven bewegende Fasern der Regenbogenhaut einschliessen, weil sich der sympathische Nerv mit dem Gasser'schen Knoten verbindet und ein Theil der Fasern desselben, die auf die Regenbogenhaut wirken, erst in dem obersten Halsknoten und selbst noch höher hinzutritt. Die Annahme von OEHL, dass der Hund pupillenerweiternde Nerven besitzt, die aus dem Gasser'schen Knoten entspringen, ruht desshalb ebenfalls auf keiner zuverlässigen Grundlage.

§. 749. Die Ernährungsstörungen, welche die Lähmung des dreigetheilten Nerven zur Folge hat, lassen es nicht bezweifeln, dass viele Bewegungsfasern der Blutgefässe des Kopfes in den Wurzeln und dem Stamme jenes Nerven verlaufen. Dasselbe gilt für die Nervenzweige der Thränendrüse und anderer Absonderungswerkzeuge des Kopfes. LONGET will beobachtet haben, dass die Menge der Thränenflüssigkeit und des Mundspeichels nach der Durchschneidung des Trigeminus innerhalb der Schädelhöhle abnehme.

§. 750. Bezieht man den Ausdruck nur auf die quergestreiften Muskelmassen, so lässt sich behaupten, dass der erste und der zweite Ast des dreigetheilten Nerven (Ramus ophthalmicus und R. maxillaris superior N. trigemini) zu den reinen Empfindungsnerven gehören, der dritte (R. maxillaris inferior) dagegen gemischt ist, weil er sich aus einem Theile der grösseren und der ganzen kleineren Abtheilung des dreigetheilten Nerven zusammensetzt.

§. 751. Da es häufig vorkommt, dass nur einer der untergeordneten Aeste des dreigetheilten Nerven überempfindlich oder gelähmt ist, so wollen wir zuerst die Hauptzweige eines jeden der drei Hauptäste gesondert betrachten. Ein und derselbe Bezirk der Gesichtshaut empfängt nicht selten Zweige des ersten und des zweiten, des zweiten und des dritten oder des ersten und des dritten Hauptastes. Die genaue Untersuchung solcher gemischter Bezirke fordert die Prüfung mit dem mechanischen und dem elektrischen Tastzirkel (§. 428.) und das Abstechen mit Nadeln, um, wo möglich, zu entscheiden, ob das geringere Auffassungsvermögen von einer Halblähmung aller in dem Hautbezirke sich verbreitenden Nerven oder nur von der mehr oder minder vollständigen Unthätigkeit derer, die dem einen Zweige des dreigetheilten Nerven angehören, herrührt.

§. 752. Die Trennung des Nasen-Blendungszweiges (R. naso-ciliaris) oder des ganzen Augenastes (R. ophthalmicus) verkleinert das Sehloch. Es kann sich wiederum später in geringem Grade erweitern. Sein Umfang nimmt aber von Neuem ab, so wie sich die Ernährungsstörungen des Auges nachdrücklicher geltend machen. Der Nasenast (R. ethmoidalis) beherrscht die Empfindlichkeit der Schleimhäute der Stirnhöhle, z. Th. der Siebbeinzellen, der vorderen Bezirke der Nasenscheidewand und der Seitentheile der Nase. Da sich aber auch hier Nasenzweige des zweiten Astes des Trigeminus verbreiten, so wird man einen nur unvollkommenen Gefühlsmangel an den meisten Stellen haben. Die nach aussen tretende Endfortsetzung des Nasenzweiges, der äussere Nasenast (R. nasalis externus) versorgt die Haut der äusseren Nase von der Höhe der Nachbarschaft des inneren Augenwinkels bis zum Rande des äusseren Nasenloches. Die Hauptnerven dieser Gegend kommen aber nicht aus ihm, sondern aus dem Unteraugenhöhlenzweige des zweiten Astes. Die Lähmung des Nasenblendungszweiges wird daher nur untergeordnete Störungen der Empfindlichkeit dieses Hautbezirkes hervorrufen.

§. 753. Der Unterrollnerv (R. infratrochlearis) des Nasenblendungszweiges und der Oberrollnerv (R. supratrochlearis) des Stirnnerven (N. frontalis), so wie andere Bündel des letzteren versorgen die Bindehaut, die Thränencarunkel und den Thränensack. Es hängt von der Gesammtsumme dieser Zweige ab, dass man die Bindehaut eines Menschen, dessen Augenast gelähmt ist, berühren kann, ohne dass die Augenlidspalte unwillkürlich geschlossen wird oder die Thränen reichlicher hervorströmen. Obgleich der Ober- und der Unterrollnerv feine Fäden an die äussere Haut der Augenlider und der Nachbargegend abgeben, so sind diese doch im Verhältniss zu denen, die aus dem Stirnnerven und dem Unteraugenhöhlennerven kommen, zu unbedeutend, als dass sich ihre Lähmung durch einen sehr auffallenden Grad von Unempfindlichkeit verrathen könnte.

§. 754. Der Oberaugenhöhlenast des Stirnnerven (R. supraorbitalis N. frontalis) macht die Haut des oberen Augenlides, der Gegend der Augenbrauen, der Stirn und des Vordertheiles des Scheitels empfindlich. Zog die Verwundung dieses Nerven eine Abnahme oder den Verlust des Sehvermögens des Menschen nach sich, so rührte es wahrscheinlich nur davon her, dass derselbe Eingriff, der den Stirnnerven traf, den Sehnerven heftig erschütterte oder

sonst nachdrücklich verletzte. Man kann keine besondere physiologische Beziehung beider Nervenstämme nachweisen. Das Sehvermögen des Menschen und der Thiere bleibt nicht selten vollkommen erhalten, wenn man den Stirnnerven unmittelbar über der Augenhöhle durchschnitten hat. Reizte KUGEL diesen Nerven oder den Unterrollnerven des Hundes oder die centralen Abschnitte jener Stämme nach der Durchschneidung derselben mit elektrischen Strömen, so verkürzten sich die Augenmuskeln, vorzugsweise der Zurückzieher des Auges auf reflectorischem Wege. Neuralgieen der genannten Nerven werden auch nicht selten von Krämpfen der Augenmuskeln begleitet.

§. 755. Obgleich der Thränennerv (R. lacrymalis) vorzüglich die Thränendrüse versorgt, so gehen doch Fäden desselben zum Auge und der Haut der Nachbarschaft des äusseren Augenwinkels. Man hat noch nicht genauer untersucht, ob sie blosse Empfindungs- oder Gefässnerven sind oder aus einer Mischung beider bestehen.

§. 756. Der Wangenhautnerv (N. subcutaneus malae) des zweiten Hauptastes oder des Oberkieferastes (N. maxillaris superior) des dreigetheilten Nerven versieht die Haut in der Gegend des Jochbeines, die auch Zweige von dem Unteraugenhöhlenaste und dem oberflächlichen Schläfernerven bezieht. Der verhältnissmässig lange freie Verlauf jenes Nerven in der Augenhöhle macht es möglich, dass er schon durch Geschwülste, die sich in der hinteren Hälfte derselben befinden, beeinträchtigt wird, wenn der durch den Unteraugenhöhlencanal vorn geschütztere Stamm des Unteraugenhöhlennerven nicht leidet.

§. 757. Wir werden sehen, dass der Vidische Nerv (N. Vidianus) Fasern des Antlitznerven dem Gaumenkeilbeinknoten zuführt. Er enthält wahrscheinlich überdiess Empfindungsfasern für die Schleimhäute des hintersten und untersten Theiles der Nasenhöhle und des oberen Bezirkes des Schlundes. Die vorderen und die hinteren Nasenzweige (N. N. nasales superiores anteriores und posteriores) vermitteln die Empfindlichkeit der hinteren Abschnitte der Nasenmuscheln und der Nasenscheidewand und die Umgebung der Rachenmündung der Eustachischen Trompete. Der Scarpa'sche Nasenscheidewandnerv (N. naso-palatinus Scarpae) leistet dieselben Dienste für die Nasenscheidewand, vorzugsweise den mittleren und den unteren Theil derselben und die Gaumenwarze. Die Gaumenzweige (R. R. palatini) haben die gleiche Beziehung zu der untern Muschel und den Schleimhäuten

des mittleren und des unteren Nasenganges, des harten und des weichen Gaumens und des Zäpfchens. Die drei Arten oberer Zahnnerven (N. N. dentales superiores posteriores, medius und anterior) begeben sich zu den Zähnen des Oberkiefers, dem Zahnfleische, der Schleimhaut der Highmoreshöhle, der des Bodens der Nasenhöhle, der vordern Gaumenhaut, dem Thränen-Nasengange (Ductus lacrymalis) und selbst vielleicht zu der äusseren Haut der Wange. Der Unteraugenhöhlenast (R. infraorbitalis) endlich bildet den vorzüglichsten Empfindungsnerven des unteren Augenlides, der äusseren Haut der Nase, der Wange und der entsprechenden Hälfte der Oberlippe, so wie der Schleimhaut der letzteren. Seine Ueberempfindlichkeit erzeugt den Fothergill'schen Gesichtsschmerz. Ein Kranker, der an Lähmung dieses Nerven leidet, hält das Glas, aus dem er trinkt für lückenhaft, weil er seinen Empfindungsmangel auf den Gegenstand überträgt.

§. 758. Die Zweige, die der Ohrknoten (Ganglion oticum) für den Spanner des Trommelfelles (Ramus ad tensorem tympani) und den inneren Flügelmuskel (Pterygoideus internus) entlässt, sind unzweifelhaft bewegungserregend. LUDWIG und POLITZER sahen Ortsveränderungen des Hammergriffes frisch getödteter Hunde, wenn sie den dreigetheilten Nerven in der Schädelhöhle reizten. Dieses Ergebniss blieb nach der Durchschneidung der Sehne des Paukenfellspanners aus. Die übrigen Zweige jenes Knotens dagegen bestehen vermuthlich vorzugsweise aus Mischungen von Empfindungs- und Gefässnerven.

§. 759. Der kurze Nervenstamm, den man den Kaumuskelnerven (N. crotaphitico-buccinatorius Palettae) nennt, leitet die Bewegungen der Kaumuskeln (Temporalis, Masseter, Pterygoideus internus und externus), nicht aber die des Backenmuskels (Buccinatorius), die von dem Antlitznerven abhängen. Die Lähmung der Kaumuskeln der einen Seite macht es möglich, dass die der anderen den Unterkiefer nach ihrer Seite hinüberziehen. Diese bei dem Kauen sich vergrössernde Abweichung hat zur Folge, dass sich die Zähne der Kaninchen vorzugsweise, die Backzähne einseitig und zwar an der gesunden Seite entgegengesetzt wie an der kranken abschleifen [1]).

[1]) Siehe SCHIFF, Untersuchungen der Physiologie des Nervensystems. Frankfurt a. M. 1855. S. 49. 50.

§. 760. Der oberflächliche Schläfenzweig (R. temporalis superficialis sive auricularis anterior) enthält die Empfindungsfasern für die Haut vor dem Kiefergelenke, für einen Theil des äusseren Gehörganges, die äussere Haut des Ohres und der Schläfe und gibt noch Fasern an das Kiefergelenk und die Ohrspeicheldrüse. Der Zungenast des dreigetheilten Nerven (R. lingualis N. trigemini) vermittelt die Tastempfindlichkeit der entsprechenden Zungenhälfte und der Schleimhaut der Mundhöhle neben der Zunge. Der Unterkiefernerv (R. maxillaris inferior s. mandibularis) ist ein gemischter Stamm. Der Kieferzungenbeinast (R. mylohyoideus), den er vor seinem Eintritte in den Unterkiefercanal entlässt, gibt einige Fasern an die beiden Flügelmuskeln und beherrscht vorzugsweise die Bewegungen des Kieferzungenbeinmuskels (Mylohyoideus) und des vorderen Bauches des zweibäuchigen Kiefermuskels (Digastricus maxillae inferioris). Die Empfindungsfasern des Unterkieferzweiges gehen zu den Zähnen, dem Zahnfleische und der Knochenmasse des Unterkiefers. Die Kinnneuralgie rührt von dem Kinnzweige desselben her, der das Kinn und die Unterlippe versorgt.

§. 761. Es ergibt sich aus dem eben Dargestellten, dass die Lähmung des ersten Astes oder des Augenastes des dreigetheilten Nerven (R. ophthalmicus N. trigemini) Pupillenverengerung und Unempfindlichkeit der Bindehaut des Auges, des oberen Augenlides, der Stirnhaut und Abnahme der Empfindlichkeit an der Haut, vorzüglich des unteren Theiles der äusseren Nase, und den Mangel des Tastvermögens in dem vorderen Theile der Nasenschleimhaut zur Folge hat. Die Thätigkeit des zweiten Astes oder des Oberkieferastes (R. maxillaris superior N. trigemini) beherrscht die Empfindlichkeit des unteren Augenlides, der Haut der Wange, der Nase und der entsprechenden Hälfte der Oberlippe, eines grossen Theiles der Nasenschleimhaut, vorzugsweise der mittleren und der hinteren Bezirke derselben, der Schleimhäute des harten und des weichen Gaumens und des Zäpfchens, der Zähne und des Zahnfleisches des Oberkiefers. Der dritte Ast oder der Unterkieferzweig (R. maxillaris inferior) endlich versorgt mit seinen Empfindungsfasern die Haut vor dem Kiefergelenke, die des äusseren Ohres und der Schläfengegend und z. Th. des äusseren Gehörganges, die entsprechende Hälfte der Aussen- und der Innenhaut der Unterlippe, der Zunge, der benachbarten Mundschleimhaut und zum Theil der Mandeln, der Zähne, des Zahnfleisches und des Unterkiefers.

§. 762. Die beiden Augenlider, die äussere Haut der Nase und die gesammte Nasenschleimhaut verlieren erst ihr Gefühl vollständig, wenn der erste und der zweite Ast des dreigetheilten Nerven gelähmt sind. Nur die Unthätigkeit des zweiten und des dritten Astes kann alle Zähne unempfindlich machen. Hat man bloss die grössere Wurzelabtheilung in einem Säugethiere getrennt, so erhält sich die Kraft der Kaumuskeln an beiden Seiten. Die entsprechende Zungenhälfte hat ihr Tastvermögen und ihre Schmerzensempfindlichkeit, nicht aber die Geschmackswahrnehmung des Süssen und des Bittern verloren. Die unempfindlichen Bezirke stimmen mit denen, welche die Trennung des ganzen dreigetheilten Nerven liefert, überein. Sie werden sich im Menschen von der Höhe des Scheitels bis zu dem Unterkieferrande erstrecken und überdiess noch das Auge und die Nasenschleimhaut umfassen.

§. 763. Die Erfahrung lehrt, dass sich immer die durch einen dreigetheilten Nerven erzeugte Lähmung auf dieselbe Seitenhälfte des Kopfes des Thieres oder des Menschen beschränkt. Hatte Magendie die beiden Trigemini in der Schädelhöhle eines Kaninchens ohne tödtliche Blutung durchschnitten, so klopfte es häufig mit seinem Kopfe gegen den Boden, wie ein Blinder mit seinem Stabe. Der Gang wurde zugleich schwankender. Die Bewegungen keines der Gesichtsmuskeln leiden unmittelbar bei der Trigeminuslähmung, weil alle von dem Antlitznerven abhängen.

§. 764. Geschwülste an der Grundfläche der Schädelhöhle, die den Gasser'schen Knoten oder die ihm benachbarten Nervenstämme drücken, führen häufig zu Ueberempfindlichkeit oder zu Lähmung des dreigetheilten Nerven mit allen Ernährungsstörungen des Auges, der Nasenschleimhaut, des Zahnfleisches und der anderen Theile des Kopfes, wie wir sie bei der Betrachtung der Einflüsse der Nerven auf die Blutgefässe kennen lernen werden [1]). Die angebliche Wechselwirkung zwischen den Leiden der Zweige des Unterkieferastes und denen des Sehnerven werden uns auch dort beschäftigen.

§. 765. Da sich die Fasern der grösseren Wurzelabtheilung des dreigetheilten Nerven bis zu den Oliven und die der kleineren bis zu dem Boden der vierten Hirnhöhle nach den Untersuchungen von Stilling verfolgen lassen, so können örtliche Leiden des centralen Nervensystemes, die zwischen der Brücke, den Oliven

[1]) Siehe z. B. die bei Schiff, Untersuchungen zur Physiologie des Nervensystems, S. 51—79. zusammengestellten Krankheitsgeschichten.

oder der Rautengrube liegen, Krankheitszeichen in dem Bereiche des dreigetheilten Nerven hervorrufen. Wir haben z. B. schon früher (§§. 605. fgg.) gesehen, dass eine Ueberempfindlichkeit der entsprechenden Kopfhälfte nach halbseitigen Durchschneidungen des centralen Nervensystemes oberhalb des oberen Theiles des Rückenmarkes häufig vorkommt. Sie schwindet in der Regel früher, als die der Gliedmaassen. Man kann auch die Lähmung der entsprechenden Abschnitte des dreigetheilten Nerven durch die Trennung der centralen Fasern an irgend einer Stelle ihres Verlaufes bis nahe vor der Schreibfeder erzeugen. So empfindlich die Fortsetzungen, die in der Brücke dahingehen, sind, so wenig empfindlich zeigen sich die weiter nach hinten gelegenen grauen Kerne, deren Ausrottung ebenfalls Trigeminuslähmung zur Folge hat. Dieser Umstand könnte vielleicht als Entscheidungsmerkmal dienen, ob eine centrale Trigeminuslähmung weiter nach vorn oder mehr nach hinten liegt. Eine Hyperästhesie wird ihr nur in dem ersteren Falle vorangehen, während alle Reizerscheinungen der vorderen Theile in dem zweiten fehlen. Obgleich die Hauptstörungen der Ernährungszustände an der verletzten Seitenhälfte auftreten und die vorübergehende Hyperästhesie sich oft genug nur auf diese beschränkt, so lehrt doch die anatomische Untersuchung, dass auch eine theilweise Kreuzung der Trigeminusfasern in dem verlängerten Marke Statt findet. Man kennt noch nicht die physiologischen Beziehungen derselben.

§. 766. Der äussere Augenmuskelnerv (N. abducens) leitet die Bewegungen des äusseren geraden Augenmuskels. Seine erhöhte Wirksamkeit führt daher zu Schielen nach aussen und seine Lähmung zu Schielen nach innen. Der Kranke führt in dem zweiten Falle das Auge nur in geringem Grade nach oben und aussen durch den unteren und nach unten und aussen durch den oberen schiefen Augenmuskel. Er sieht zuerst Doppelbilder eines Gegenstandes, dessen Strahlen sonst auf gleichwirkende Stellen beider Netzhäute fallen. Befindet sich z. B. dieser oben und aussen, so erzeugt das kranke Auge nach GRAEFE ein schiefes, das gesunde dagegen ein gerades Bild [1]). Betrachtet der Mensch einen Körper nur mit dem schielenden Auge, so versetzt er ihn in der Regel zu weit nach aussen [2]).

---

[1]) C. G. RUETE, Lehrbuch der Ophthalmologie. Zweite Auflage. Bd. II. Leipzig 1855. 8. S. 583.

[2]) GRAEFE bei Ruete, Ebendaselbst. S. 499.

§. 767. Schlagflüsse, die Hemiplegieen zurücklassen, lähmen nicht selten den äusseren geraden Augenmuskel, so dass der Kranke nach innen schielt. Tiefere Netzhautleiden führen oft zu Schielen nach aussen. Dieses ist daher viel unheimlicher, als das Schielen nach innen, das nur Kurz- oder Schwachsichtigkeit zur Folge hat und nach dessen Beseitigung sich die Sehkraft binnen Kurzem zu erholen pflegt. Man findet dagegen häufig, dass dasjenige Auge von Amblyopischen, Amaurotischen oder Glaucomatösen, welches zuerst zu leiden anfing oder früher zu Grunde ging, selbst noch nach Jahren der Blindheit weiter nach aussen, als das andere steht. Sieht der Kranke mit dem nach aussen abweichenden Auge, so stösst die Anpassung für nahe Gegenstände auf grössere Schwierigkeiten als die für entfernte.

§. 768. Die Frage ob die Wurzeln des Antlitznerven (N. facialis) nur Bewegungsfasern oder auch eine geringe Anzahl von Empfindungsfasern enthalten, lässt sich durch Thierversuche nicht sicher entscheiden. Die Trennung des Antlitznerven bei unversehrter Schädelhöhle durch das Zerbrechen des Felsenbeines ist mit so vielen nicht genau controlirbaren Nebenverletzungen verbunden, dass sie kein bestimmtes Urtheil gestattet. Dasselbe gilt von dem Ausreissen des jenseit des Griffelloches gefassten Antlitznerven. Entfernt man die Schädeldecke eines Kaninchens, hebt das Gehirn empor und schneidet den Antlitznerven durch, so erhält man in Ausnahmsfällen Schmerzenszeichen. Die Deutung dieses Ergebnisses bleibt aber insofern zweifelhaft, als hier Zerrungen und eine rückläufige Empfindlichkeit dem Erfolge zum Grunde liegen können. Budge[1]) bemerkte keine Empfindlichkeit, wenn er von dem Raume zwischen Atlas und Hinterhaupt in Kaninchen vordrang, um den Antlitznerven zu trennen. Dem sei, wie ihm wolle, so leidet es keinen Zweifel, dass jedenfalls der bei weitem grösste Theil des Antlitznerven nur aus Bewegungsfasern zusammengesetzt ist.

§. 769. Empfindungsfasern des dreigetheilten und später auch des herumschweifenden Nerven verleihen einen merklichen Grad von Empfindungsvermögen demjenigen Abschnitte des Antlitznerven, der in dem Falloppi'schen Canale verläuft. Der grössere oberflächliche Felsenbeinnerv (N. petrosus superficialis major), der von dem Knieknoten (Ganglion geniculum) abgeht und sich mit dem

---

[1]) Budge, Lehrbuch der speciellen Physiologie des Menschen. Achte Auflage. Leipzig 1862. 8. S. 811.

oberen Aste der Vidi'schen Nerven des Gaumenkeilbeinknotens (N. Vidianus ganglii sphenopalatini) verbindet, leitet einen wechselseitigen Faseraustausch zwischen dem dreigetheilten und dem Antlitznerven ein und macht daher diesen empfindlich. Andere Empfindungsfasern des dreigetheilten Nerven kommen wahrscheinlich von dem Ohrknoten (Ganglion oticum) durch den kleineren oberen Felsenbeinzweig (N. petrosus superficialis minor) und von dem Zungenaste (R. lingualis Trigemini) durch die Paukensaite (Chorda tympani) hinzu. Die des herumschweifenden Nerven gehen durch den Ohrast (R. auricularis N. vagi) und dessen Verbindung mit dem tieferen Ohrzweige des Antlitznerven (R. auricularis profundus N. facialis). Diese Beziehungen erklären es, wesshalb die Trennung des Antlitznerven jenseit des Griffelloches Schmerzen erzeugt. Die Empfindlichkeit des centralen Abschnittes kann nach dem eben Dargestellten nicht befremden, allein auch die Aeste des Gänsefusses (Pes anserinus) verrathen einen gewissen Grad von Schmerzensempfänglichkeit, weil sie sich mit den mannichfachen in der Gesichtshaut befindlichen Zweigen des dreigetheilten Nerven, innig mischen. Der grössere oberflächliche Felsenbeinnerv, dessen Fasern aus der kleineren Abtheilung des Antlitznerven (Portio intermedia Wrisbergii) nach BERNARD kommen sollen, theilt, wie wir sahen, Bewegungsfasern des Antlitznerven dem Gaumenkeilbeinknoten durch den Vidi'schen Nerven mit. Sie gehen dann durch die Gaumenäste zu dem weichen Gaumen (Levator palati mollis, Azygos uvulae und Pharyngopalatinus). Man kann daher die Muskeln desselben zur Verkürzung bringen, wenn man den in der Schädelhöhle liegenden Theil des Antlitznerven in frisch getödteten Säugethieren reizt. Reflexbewegungen der Art lassen sich von dem Zungenschlundkopfnerven aus im Hunde anregen. Der Arzt beobachtet nicht selten einseitige Gesichtslähmungen des Menschen, in denen der weiche Gaumen nach der gesunden Seite verzogen und das Zäpfchen nach dieser hin schief steht. Die Sprache kann desshalb näselnd werden. Andere Kranke bieten diese Abweichungen nicht dar. Man wird hieraus schliessen, dass die Ursache des Leidens unterhalb des Knieknotens in dem zweiten Falle liegt oder die Fasern des grösseren oberflächlichen Felsenbeinnerven verschont geblieben sind, wenn die Entartung höherer Theile die Gesichtslähmung erzeugte. Man kann bis jetzt nicht angeben, wo die Fasern des Antlitznerven, die in den kleineren oberflächlichen Felsenbeinnerven übergehen, ihr Ende erreichen. Die Frage, ob sie

die Absonderung der Ohrspeicheldrüse leiten, wird uns später beschäftigen. Der Steigbügelnerv (N. stapedius) beherrscht den Steigbügelmuskel. LUDWIG und POLITZER sahen am Hunde, dass der von dem Amboss getrennte Steigbügel etwas nach hinten rückte, wenn man den Antlitznerven in der Schädelhöhle reizte.

§. 770. Die anatomische Untersuchung lehrt, dass die Paukensaite (Chorda tympani) eine grössere Zahl von Bewegungsfasern von dem Antlitznerven zu dem Zungenaste des dreigetheilten Nerven, als Empfindungsfasern in entgegengesetzter Richtung überführt. Obgleich bisweilen die Verletzung des Nerven Schmerzenszeichen in Thieren hervorruft, so ist doch die Empfindlichkeit nicht so gross, dass nicht in der Regel die Durchschneidung nach den bedeutenden Blutverlusten und den heftigen Eingriffen, die sie voraussetzt, unbemerkt vorüberginge. Ein Theil der Bewegungsfasern der Paukensaite begibt sich zu der Unterkiefer- und der Unterzungendrüse. Die Betrachtung der Einflüsse der Nerven auf die Absonderungen wird uns zu ihnen zurückführen. Die Thätigkeit anderer Fasern dagegen, die in dem Zungenaste des dreigetheilten Nerven bleiben, ist noch nicht mit Sicherheit ermittelt worden, BERNARD glaubte in Hunden gefunden zu haben, dass die Geschmacksempfindung nach der Trennung der Paukensaite abnimmt. BIFFI und MORGANTI meinten, dass sie an Geschwindigkeit und nicht an Stärke verliert. Aehnliche Erscheinungen oder Geschmacksirrungen, durch die Bitteres für sauer und Gesalzenes für süss gehalten wurde, sollen sich bei Lähmungen des Anfangstheiles des Antlitznerven des Menschen gezeigt haben. Die in dieser Hinsicht gemachten Angaben sind aber unbestimmt und widersprechen einander. Da alle Geschmacksstörungen bei Entartungen der Antlitznerven in der Schädelhöhle fehlen können [1]), so liegt die Vermuthung nahe, dass man hier Abweichungen auf den Antlitznerven bezogen hat, die von anderen Nerven herrührten oder nur auf Täuschungen beruhten.

§. 771. Der tiefe Ohrast des Antlitznerven (R. auricularis profundus) gibt Bewegungszweige an den Hinterhauptmuskel (Occipitalis) und den Zurückzieher des Ohres (Retrahens auris) und der Griffelzungenbeinast (R. stylohyoideus) an den gleichnamigen Muskel und den Halshautmuskel (Platysmamyoides), der noch Fäden von den Halshautzweigen (R. R. subcutanei colli posteriores

[1]) STICH, Annalen der Charité. Jahrgang VIII. Berlin 1857. 8. S. 59—73.

et superiores) empfängt. Der Ast für den zweibäuchigen Kiefermuskel (R. digastricus) versorgt den hinteren Bauch dieser Muskelmasse, während der vordere seine Bewegungsfasern von dem dreigetheilten Nerven empfängt. Die Wangenmuskelnerven (R. R. zygomatici), die Augenlid-Nasenzweige (R. R. palpebronasales), die Lippenäste (R. R. bucco-labiales) und der Randzweig (R. marginalis maxillae inferioris) beherrschen die Muskeln des Antlitzes[1]. Sie machen den Antlitznerven zum mimischen Nerven.

§. 772. Die von der Anatomie angenommene Sonderung der Gesichtsmuskeln ist immer mehr oder minder künstlich. Die Fasern verbinden sich häufig so innig mit den benachbarten an dem einen oder an beiden Enden, dass eine sichere Trennung unmöglich wird[2]. Die gewöhnliche Präparationsweise genügt nicht, sich ein vollständiges Bild des Faserverlaufes zu verschaffen. Die gegenseitigen Verflechtungen desselben kommen erst vollkommener zum Vorschein, wenn man alle Weichtheile vom Schädel auf einmal entfernt hat und nun die Antlitzmuskeln von innen nach aussen, gegen die Haut zu verfolgen sucht. Obgleich nicht selten Fasern der einen Seitenhälfte auf die andere, besonders in den Lippen hinüber zu gehen scheinen, so lehren doch die Lähmungen des Antlitznerven, dass die Unthätigkeit der entsprechenden Muskeln die Mittellinie des Gesichtes nicht überschreitet.

§. 773. DUCHENNE[3]) bediente sich der örtlichen Galvanisation, um die Thätigkeiten der einzelnen Antlitzmuskeln zu ermitteln. Er erläuterte seine Erfahrungen in zwei photographischen Atlassen. Der eine von ihnen ist für Aerzte bestimmt. Der zweite dagegen gibt theatralische Darstellungen der verschiedenen leidenschaftlichen Gesichtsausdrücke, wie sie DUCHENNE durch die örtliche Galvanisation eines an Atrophie der Pupille eines jeden Sehnerven (Glaucom) leidenden Mädchens erhielt. Nahm die beinahe vollständig erblindete Kranke irgend einen Gesichtsausdruck willkürlich an, so

[1]) Die Einzelnheiten sind tabellarisch zusammengestellt in m. Lehrbuch der Phys. Zweite Aufl. Bd. II. Abth. II. S. 386. 387.

[2]) Vgl. J. HENLE, Handbuch der systematischen Anatomie des Menschen. Bd. I. Abth. 3. Braunschweig 1858. 8. S. 132—164.

[3]) G. B. DUCHENNE (de Boulogne), Mécanisme de la physiognomie humaine ou Analyse électro-physiologique de l'expression des passions applicable à la pratique des arts plastiques. Fasc. I. Paris 1862. 4. p. 18 fgg. Vgl. auch B. A. ERDMANN, Die örtliche Anwendung der Elektricität. Leipzig 1856. 8. S. 66. 72.

reichte die elektrische Reizung eines Muskels hin, der einen Hälfte des Antlitzes einen merklich anderen, einer bestimmten geistigen Regung entsprechenden Ausdruck zu geben, als der zweiten. DUCHENNE entwarf noch eine tabellarische Uebersicht, wie sich die einzelnen Muskeln des Antlitzes vorzugsweise bei den verschiedenen leidenschaftlichen Gesichtsausdrücken betheiligen. Erfahrungen, die er an sehenden Menschen gewonnen hat[1]), liegen diesen Angaben zum Grunde.

§. 774. Leidet ein Mensch an vollständiger Lähmung des Antlitznerven der einen Seite, sei es, dass die Krankheitsursache unmittelbar am Griffelloche oder höher oben liegt, so ist er nicht mehr im Stande, die Kopfhaut an der entsprechenden Seitenhälfte nach vorn zu ziehen, hier die Stirn zu runzeln oder die Augenbraue zu bewegen. Alle willkürlichen Zusammenziehungen der Ohrmuskeln sind unmöglich geworden. Das obere Augenlid kann noch durch den Einfluss des gemeinschaftlichen Augenmuskelnerven gehoben, die Augenlidspalte dagegen nicht mehr vollständig geschlossen werden. Dieses und die Lähmung des Thränensackmuskels (Musculus Horneri) bedingen es, dass oft die Thränen zur Lidspalte reichlich hervorquellen und bisweilen selbst leichte Entzündungserscheinungen der Bindehaut auftreten. Da die Bewegungen der Nase und daher auch die Erweiterung des Nasenloches bei dem tiefen Einathmen mangeln, so können sich Athembeschwerden einstellen, wenn der Mensch auf der gesunden Seite liegend, die Nasenöffnung derselben verengt und den Mund geschlossen hat. Die Wange, die Ober- und die Unterlippe der kranken Gesichtshälfte hängen schlaff herab. Die Stellung der Mundspalte dagegen kann das entgegengesetzte Verhalten in Menschen und in Thieren darbieten. Leidet ein Mensch an Faciallähmung, so ist der Mund immer nach der gesunden Seite verzogen, weil hier die beiden Seitenhälften unmittelbar zusammenstossen und die gesunden Muskeln das Uebergewicht haben. Die Verzerrung nimmt daher auch bei allen Gemüthaffecten, die sich in der Physiognomie ausdrücken, bei dem Sprechen, dem Lachen oder dem Weinen zu. Die Verhältnisse gestalten sich nach SHAW und BELL in ähnlicher Weise in Affen, nicht aber in Hunden, Katzen oder Kaninchen und in anderen

---

[1]) DUCHENNE, a. a. O. p. 45—47. Die Tabelle ist wiedergegeben in Canstatt's Jahresbericht für 1862. S. 153.

Thieren mit unterbrochenem Kreismuskel des Mundes. Die Verzerrung ist hier nach der kranken Seite gerichtet.

Die Unmöglichkeit, die Mundspalte an der leidenden Kopfhälfte vollständig zu schliessen, hat zur Folge, dass hier bisweilen die Mundflüssigkeiten hervorströmen. Will der Mensch die Backen aufblasen, so bewegt sich die Wange der gelähmten Seite, wie ein schlaffes Segel und ein Theil der Luft stürzt zur Spalte heraus. Reste der Nahrungsmittel bleiben oft zwischen der Wange und den Zähnen zurück. Das Saugen, das Pfeifen und die vollkommene Aussprache der Lippenlaute sind unmöglich. Die Lähmung des von dem Antlitznerven, nicht aber von dem dreigetheilten Nerven abhängigen Backenmuskels kann es trotz der erhaltenen Empfindlichkeit bedingen, dass die Wange zwischen den Zähnen eingeklemmt wird.

Ein Mensch, der an halbseitiger Faciallähmung leidet, besitzt zwei verschiedene Profilphysiognomieen, eine todte an der kranken und eine ausdrucksvolle an der gesunden Seite. Der Unterschied vergrössert sich bei allen Gemüthsbewegungen und allen Thätigkeiten, die zu stärkeren Zusammenziehungen einzelner Gesichtsmuskeln führen. Krämpfe, die von dem centralen Nervensysteme ausgehen, daher auch die durch Strychnin erzeugten, wirken nicht mehr auf die Muskeln der kranken Seite.

§. 775. Unvollständige Lähmungen des Antlitznerven kommen häufig vor. Man sieht nicht selten nach Schlagflüssen, dass der Kreismuskel des Mundes, nicht aber der der Augenlider seine Willkürbewegungen verloren hat.

§. 776. Lähmungen beider Antlitznerven werden im Menschen selten beobachtet. Fälle der Art sind von James, Romberg und Roberts beschrieben worden. Da die Gesammtsumme der Gesichtsmuskeln unthätig ist, so fehlen die einseitige Verziehung des Mundes und der Unterschied der zwei Profilphysiognomieen. Der Krankheitszustand verräth sich am nachdrücklichsten, wenn der Gesichtsausdruck trotz der leidenschaftlichsten Erregung des Menschen todt bleibt. Die Lippen wirken nicht mehr bei dem Essen und dem Sprechen. Das Kauen leidet nicht, weil die Bewegungen der Kaumuskeln von dem dreigetheilten Nerven abhängen (§. 759.). Die Lähmungserscheinungen am weichen Gaumen können das Schlucken unsicherer machen. Diese Thätigkeit ist aber sonst nicht beeinträchtigt. Athembeschwerden treten bei geschlossenem Munde leichter als bei einseitiger Faciallähmung auf.

§. 777. Die Unthätigkeit des Antlitznerven stört nur das Tastvermögen in mittelbarer Weise. Die Bindehaut, die Schleimhäute der Nasen- und der Mundhöhle, die äussere Haut des Angesichtes bewahren ihre von dem dreigetheilten Nerven abhängige Empfindlichkeit vollständig. Allein diejenigen von ihnen ausgehenden Reflexbewegungen, die auf dem Wege des Antlitznerven erregt werden, fehlen natürlich. Berührt man die Bindehaut des Augapfels, so wird der Eindruck gespürt. Der Heber des oberen Augenlides kann erschlaffen. Der gewöhnliche krampfhafte Schluss der Augenlider mangelt dagegen. Die Bewegungen des Augapfels und die Thäthigkeit des Sehnerven leiden nicht unmittelbar. Die Lähmung des Steigbügelnerven wirkt wahrscheinlich auf das Hören. Genauere diesen Punkt erläuternde Beobachtungen fehlen bis jetzt. Die Schwerhörigkeit oder das Ohrenklingen, das man bisweilen bei Faciallähmungen antraf, ging wahrscheinlich von gleichzeitigen Leiden des Hörnerven oder der Gebilde des mittleren Ohres aus. Das schmerzhafte Gefühl bei dem Hören starker Geräusche, das Roux an sich selbst beobachtete, konnte nicht von der Lähmung des Spanners des Trommelfelles herrühren [1]), weil dieser Muskel von dem dreigetheilten Nerven abhängt (§. 758.). Die Lähmung der Nasenmuskeln wird die Feinheit des Geruchs insofern beeinträchtigen, als dadurch der Luftstrom minder kräftig und vielleicht auch nicht immer in der nöthigen Richtung die Nase durchsetzt. Die schon §. 770. erwähnten Störungen der Geschmacksempfindung sind weder beständig beobachtet, noch mit hinreichender Genauigkeit untersucht worden. Dauert die Lähmung längere Zeit fort, so magern die unthätigen Muskeln ab. Der Unterschied fällt bei den halbseitigen Lähmungen im Gegensatze zur gesunden Gesichtshälfte am meisten auf. Die schlaffe Oberlippe kann zuletzt bis zu dem Zahnfleische des Unterkiefers und unter ihr die Unterlippe halb zurückgeschlagen nach Todd herabhängen.

§. 778. Der Gesichtsschmerz rührt natürlich nie von dem Antlitznerven ursprünglich her. Er kann aber längs der einzelnen Aeste desselben hinzuschiessen scheinen, weil jeder an dem Gesichte verlaufende Facialzweig eine grössere oder geringere Menge von Fasern des dreigetheilten Nerven einschliesst (§. 768.).

§. 779. Die Mannichfaltigkeit der mimischen Bewegungen zeigt schon, dass wir die kleinsten Bündel dieses Nerven in den zartesten

[1]) Hasse, a. a. O. S. 343.

Abstufungen willkürlich beherrschen können. Diese bevorzugte Stellung verräth sich auch unter krankhaften Verhältnissen. Eine regelwidrige Nervenreizbarkeit, wie man sie bei Hypochondristen oder Hysterischen häufig antrifft, verräth sich oft genug durch die beschränktesten Zuckungen in einzelnen Gesichtsmuskeln.

§. 780. Hatten BROWN-SÉQUARD und MARTIN-MAGRON[1]) den Antlitznerven eines Kaninchens oder eines Meerschweinchens jenseit des Griffelloches gefasst und mit den Wurzelfäden ausgerissen, so verfiel das Thier bald darauf in Reitbahnbewegungen, die gegen die gesunde Seite gerichtet waren. Krämpfe der Augen-, der Kiefer- und der Nackenmuskeln gingen ihnen voraus und der Körper krümmte sich in Pleurotonus (§. 632.) nach der verletzten Seite hin. Die Erscheinungen schwanden nach kurzer Zeit und das Thier war bald wiederum im Stande, sich gerade vorwärts zu bewegen. Riss man später den zweiten Antlitznerven in der gleichen Weise aus, so rollte das Kaninchen um seine Längsachse nach der eben verletzten Seite, machte später Reitbahnbewegungen nach der entgegengesetzten und beruhigte sich hierauf. Alle diese Erscheinungen rühren von vorübergehenden Reizzuständen desjenigen Theiles der Brücke her, aus welchem die Wurzeln des Antlitznerven hervortreten. Dieses erklärt auch, wesshalb sie sich nicht jedes Mal nach dem Eingriffe zeigen und auch in ihren Einzelnheiten auf das Mannichfachste wechseln.

§. 781. Der Zusammenhang, in dem das Spiel der Nasenlöcher mit den Athembewegungen steht und die §. 702. erwähnten Folgen der Enthauptung lehren schon, dass jedes der beiden in dem verlängerten Marke befindlichen Athmungscentren einen Theil der Fasern des Antlitznerven der gleichen Seite beherrscht. Da enthirnte Thiere das Gesicht in ähnlicher Weise, wie gesunde, verzerren, wenn sie z. B. bittere Massen schmecken, so folgt, dass jene eigenthümliche Art von Uebertragung der Erregung von den Fasern des Zungenschlundkopfnerven auf die des Anlitznerven in dem verlängerten Marke und der Brücke zu Stande kommen kann. Derselbe Schluss gilt für die Empfindungsfasern der Gliedmaassen und der Eingeweide und die des dreigetheilten Nerven. Man hat das Gleiche im Menschen, wenn comatöse Typhuskranke das Gesicht verziehen, so wie man ihnen eine unangenehm schmeckende Arznei gibt oder den Unterleib drückt.

---

[1]) BROWN-SÉQUARD, Experimental Researches. p. 20.

§. 782. Die nach einem Schlaganfalle zurückbleibende halbseitige Lähmung erstreckt sich bisweilen auch auf die Gesichtsmuskeln. Sie trifft häufiger die Muskeln der entgegengesetzten, als die der gleichen Seite, an der sich das Hirnleiden befindet [1]). Die Wirkung geht also der auf die Gliedmaassen parallel (§. 706.). Versuche an Thieren liefern einige Andeutungen über diesen Zusammenhang. Man kann bisweilen die Gesichtsmuskeln der gegenüberliegenden Kopfhälfte von Hunden, Katzen oder Kaninchen zur Verkürzung zwingen, wenn man den Sehhügel oder das Ammonshorn an dem Anfange des Unterhorns mechanisch reizt. Da der Grosshirnschenkel ähnlich wirkt, so folgt, dass die erste Faserkreuzung der Antlitznerven in dem verlängerten Marke liegt. Es bleibt dagegen unentschieden, ob die Fälle, in denen der Antlitznerv Hemiplegischer an der Seite des Hirnleidens oder entgegengesetzt wie die Gliedmaassen gelähmt ist, von einer im Gehirn Statt findenden Rückkreuzung oder von dem örtlichen Leiden einer Stelle, die vor der ersten Kreuzung liegt, herrührt.

§. 783. Die Beziehungen des Antlitznerven zu dem grossen Gehirn verrathen sich auch noch in anderen Thierversuchen. Hat man z. B. die Mittelgebilde des grossen Gehirns von Kaninchen asymmetrisch getheilt, so bemerkt man bisweilen eigenthümliche Leck- und Kaubewegungen, die an ähnliche automatische Bewegungen von Thyphuskranken erinnern.

§. 784. Der Hörnerv (N. acusticus) vermittelt nur die Empfindung des Hörens. Seine Trennung erregt in Säugethieren weder Schmerz, noch unmittelbare Bewegungen. Alle Zeichen von Ueberempfindlichkeit, wie sie BROWN-SÉQUARD in den verschiedensten Körpertheilen gefunden zu haben glaubte, oder Drehbewegungen, wie sie FLOURENS, SCHIFF und CZERMAK nach einseitiger Verletzung der halbcirkelförmigen Canäle der Vögel sahen, fehlen in den Säugethieren gänzlich. Sie gestatten auch in den erstgenannten Geschöpfen andere Deutungen als man ihnen gegeben hat.

§. 785. Thierversuche können die Bestimmung der verschiedenen Theile des Gehörlabyrinthes in keinem Falle erläutern, weil die einzelnen hier in Betracht kommenden Gebilde zu klein sind und in der harten Knochenmasse zu tief eingegraben liegen und alle feineren Verhältnisse der Gehörempfindung bei der Beobachtung der Thiere

---

[1]) Siehe z. B. die Zusammenstellung bei C. F. BURDACH, vom Baue und Leben des Gehirns. Bd. III. Leipzig 1826. 4. S. 373.

der Natur der Sache nach unbemerkt bleiben. Die pathologische Anatomie der Gehörwerkzeuge des Menschen und vorzugsweise die Leichenöffnungen Taubstummer könnten eher unsere Kenntnisse wesentlich erweitern. Man ist aber vorläufig auf das Gebiet der Hypothesen fast ausschliesslich angewiesen.

§. 786. Der Gedanke von E. H. WEBER, dass der Vorhof die von dem äusseren Gehörgange anlangenden Schallstrahlen, die Schnecke dagegen die durch die Kopfknochen fortgepflanzten Wellen erkennen lasse, ging von einer physikalischen Betrachtung aus. Die Stärke der Schallwellen nimmt bei dem Uebergange aus einem Mittel in ein zweites ungleichartiges ab. Da die Schnecke mit den übrigen Kopfknochen unmittelbar zusammenhängt, so treten die in diesen erzeugten Schwingungen auf jene ungeschwächter, als auf den häutigen Vorhof über, weil diesen die Perilymphe von dem knöchernen Vorhofe sondert. So richtig dieses ist, so folgt doch nur daraus, dass wir die Schallwellen der Kopfknochen durch die Schnecke besser, nicht aber durch sie allein hören werden.

§. 787. HELMHOLTZ bezog die Auffassung der Tonhöhen auf die Corti'schen Fasern der Spiralplatte der Schnecke. Eine in der Nähe befindliche tönende Masse lässt einen gespannten Körper am leichtesten mitschwingen, wenn sich sein Eigenton d. h. die seiner Spannung entsprechende Tönung (§. 469.) mit der des Nebenkörpers in Einklang befindet. Denkt man sich nun, dass die grosse Zahl der Corti'schen Fasern eine stetige Reihe der verschiedensten Spannungsgrade darbietet, so findet jede beliebige äussere Tonhöhe mindestens eine zur Mitschwingung besonders geneigte Faser, welche die Empfindung am nachdrücklichsten vermitteln kann. Man hat auf diese Weise gewissermassen eine Claviatur, in der jede Art von Tonhöhe, die wir aufzufassen im Stande sind, ihre passende Saite vorfindet.

§. 788. Diese Anschauungsweise bildet das Gegenstück der Annahme, dass es verschiedene Sehnervenfasern für die Erkenntniss der drei Hauptfarben gebe (§. 729.). Wie diese, so stösst auch jene Vorstellung auf wesentliche Schwierigkeiten. Das polarisirte Licht lehrt, dass man nicht die Corti'schen Fasern als Fortsetzungen der Fasern des Hörnerven mit Sicherheit ansehen kann. Man findet, dass sie einen positiven Charakter der Doppelbrechung in Bezug auf ihre Längsachse besitzen. Sie enthalten also keine Markmassen, deren Negativität die der Hüllen überwiegt (§. 73.). Die fern von dem Ohre erzeugten Schallwellen werden vorzugsweise dem Vorhofe

zugeleitet. Sie gehen aber nur mit geringer Stärke durch die Kopfknochen zur Schnecke. Die feinste Unterscheidung der Tonhöhen oder diese überhaupt wäre hiernach gerade dem schwächsten Theile der Schallwellen zugewiesen. Man müsste noch auf diese Weise leise Töne hören, nicht aber die Höhe derselben angeben können. Es wäre möglich, dass die Untersuchung des Labyrinthes nach dem Tode zu wesentlichen Aufschlüssen in dieser Beziehung führte. Fände es sich, dass ein Mensch, dessen Schnecke mangelte oder zerstört war, die verschiedenen Tonhöhen eben so fein und in derselben Breite, wie ein gesundes musikalisches Ohr, unterschieden hätte, so würde hierdurch jene Vorstellung mit Sicherheit zurückgewiesen.

§. 789. Da nur die Ampullen, nicht aber die engeren Abtheilungen der halbcirkelförmigen Canäle Markfasern des Hörnerven enthalten, so folgt, dass diese cylinderförmigen Abschnitte der Bogengänge keine Gehörempfindungen unmittelbar erzeugen. Man kann sich vorstellen, dass in ihnen die Schallstrahlen, die von einer Ampulle oder dem Vorhofe aus eintreten, so lange zurückgeworfen werden, bis sie wiederum zu einem von Fasern des Hörnerven versorgten Endtheile gelangen und daher eine Tonempfindung von Neuem hervorrufen. Die Angabe, dass die Unterbrechung oder der Mangel der Bogengänge hinreicht Taubheit zu erzeugen, lässt sich nach unseren gegenwärtigen Kenntnissen nicht begründen. Kommen Fehler der Art in Taubstummen vor, so sind vermuthlich noch andere tiefer eingreifende Leiden der Gehörwerkzeuge ausserdem vorhanden [1].

§. 790. Da die Gehörstreifen des Bodens der vierten Hirnhöhle einem Theile der Fasern des Hörnerven entsprechen, so darf man erwarten, dass Krankheiten dieser Gebilde und der Zwischenwege, also auch des mittleren Kleinhirnschenkels oder der Brücke zu Gehörstörungen führen können. Das viele Hirnleiden begleitende Ohrenklingen rührt wahrscheinlich häufig von subjectiven Erregungen einer Stelle dieser Zwischenbahnen her.

§. 791. Enthält auch der Zungenschlundkopfnerv (N. glossopharyngeus) zum grössten Theile Fasern, welche die reinen Geschmacksempfindungen des Süssen und des Bitteren vermitteln, so fehlen ihm doch auch nicht alle empfindenden und bewegenden Elemente. VOLKMANN fand, dass die Reizung der kleinen Wurzel

---

[1]) C. G. LINCKE, Handbuch der Ohrenheilkunde. Bd. I. Leipzig 1837. 8. S. 644—647.

dieses Nerven den Griffelschlundkopfmuskel (Stylopharyngeus) und den mittleren Schlundkopfschnürer (Constrictor faucium medius) beherrscht. BIFFI und MORGANTI sahen später schwache Zuckungen in dem weichen Gaumen, dem Zäpfchen und dem vorderen Gaumenbogen. Andere Forscher konnten keine Bewegungen der Art in frisch getödteten Säugethieren wahrnehmen, wenn noch die Erregung des herumschweifenden Nerven und des Beinerven zu den lebhaftesten Zusammenziehungen im weichen Gaumen, dem Schlunde und der Speiseröhre führte. Reizt man den Stamm des Zungenschlundkopfnerven eines Säugethieres, nachdem der Nerv die Schädelhöhle verlassen hat, so verrathen empfindlichere Thiere deutliche Schmerzenszeichen. Werden die Wurzelfäden innerhalb der Schädelhöhle zusammengedrückt, so erhält man oft einen ähnlichen Erfolg, ohne dass ein Grund vorliegt, eine durch die Zerrung der Nachbartheile herbeigeführte Täuschung anzunehmen.

§. 792. Die an Thieren angestellten Versuche und Krankheitsbeobachtungen am Menschen lassen keinen Zweifel, dass der Zungenschlundkopfnerv den Geschmacksnerven für die Zungenwurzel und die mit Schmeckvermögen versehenen Theile der Rachenenge bildet und die Empfindung des Bitteren und des Süssen durch ihn zu Stande kommt. Man streitet dagegen noch, ob der Zungenast des dreigetheilten Nerven, von dem die Tastempfänglichkeit der Zunge abhängt, Geschmackseindrücke, vorzugsweise an der Zungenspitze vermittelt oder nicht. Einige wesentliche Punkte sind hierbei weniger, als sie es verdienten, berücksichtigt worden. Der Zungenschlundkopfnerv des Menschen verbindet sich mit dem Zungenaste des dreigetheilten Nerven in dem Innern der Zungenwurzel. Die mikroskopische Untersuchung lehrt, dass Fasern des ersteren in den Zweigen des letzteren nach vorn gehen. Dieses erklärt, wesshalb wahre Geschmacksstellen an der vorderen Zungenhälfte in einzelnen Menschen vorkommen und beweist zugleich, dass es unrichtig ist, wenn man häufig behauptet, dass sich der Zungenschlundkopfnerv nur in der Zungenwurzel verbreitet. Es ist wahrscheinlich für die Geschmacksempfindung nicht gleichgültig, von welcher Art von Zungenwarzen sie vermittelt wird. Das Bittere wird, wie es scheint, in dem Bezirke der umwallten Warzen am feinsten erkannt. Die Zungenwurzel liefert die nachdrücklichsten Geschmacksempfindungen, weil sie die umfangreichsten Warzen besitzt und die grösste Menge von Fasern des Zungenschlundkopfnerven aufnimmt. Der Schluss, dass der dreigetheilte Nerv Geschmacksnerv sei, weil einzelne

Bezirke des weichen Gaumens schmecken, ist nicht gerechtfertigt. Der Zungenschlundkopfnerv sendet ebenfalls zahlreiche Zweige an den weichen Gaumen, die Mandeln, die Gaumenbogen und den Schlund. Haben die an Hunden und Katzen angestellten Versuche ergeben, dass die Empfindung des Saueren nur durch den dreigetheilten, nicht aber durch den Zungenschlundkopfnerven vermittelt wird, so muss man bedenken, dass jener Eindruck keine reine Geschmacks-, sondern vorherrschend eine Tastwahrnehmung bildet.

§. 793. Die hierher gehörenden Krankheitsfälle des Menschen sollten in mancher Hinsicht genauer, als dieses bisher geschah, untersucht werden. Hat man eine reine Glossopharyngeuslähmung, so ist zu prüfen, ob alle Theile der Umgebung der Rachenenge ausser der Zungenwurzel, die sonst das Bittere empfinden, diese Fähigkeit eingebüsst haben. Die Entscheidung, ob nur der Zungenast des dreigetheilten Nerven oder auch noch andere Stämme gelähmt sind, fordert eine sorgfältige Bestimmung der Bezirke, in denen die Tastempfindlichkeit verloren gegangen ist und die Ermittelung derjenigen Stellen, die das Süsse und das Bittere, und derer, die das Sauere, das Alkalische, das Gesalzene, das Metallische schmecken. Man darf in diesen Versuchen nicht ausser Acht lassen, dass die Reibung der schmeckbaren Körper an den schmeckenden Oberflächen die Deutlichkeit und die Geschwindigkeit des Eindruckes wesentlich beschleunigt.

§. 794. Versteht man unter Ekel nur das unangenehme Gefühl, das der Genuss bitterer Substanzen erzeugt, so müsste man den Zungenschlundkopfnerven als den ausschliesslichen Träger dieser Empfindung ansehen. Da aber auch andere durch das Geschmackswerkzeug vermittelte Eindrücke, ja blosse mechanische Erregungen Ekel und die ihn begleitenden Reflexbewegungen zur Folge haben, so genügt jene Einschränkung des Begriffes nicht. Die Neigung zu Brechbewegungen, die den Ekel hervorrufen oder begleiten, geht von dem verlängerten Marke aus. Der Anlass, der sie auf dem Wege des Reflexes herbeiführt, kann durch den Zungenschlundkopfnerven oder durch den dreigetheilten Nerven gegeben werden.

§. 795. Die Speichelabsonderung zeigt andere Verhältnisse als der Ekel. Katzen beginnen stark zu speicheln, so wie sie bittere Körper z. B. Chinin schmecken. Dieses fällt aber nach Stannius nach der Trennung der beiden Zungenschlundkopfnerven unmittelbar nach deren Austritte aus der Schädelhöhle hinweg. Der Speichel, den die Katzen in dem gleichen Falle nach der Durchschneidung

der Zungenzweige der dreigetheilten Nerven entleeren, ist nach SCHIFF [1]) wasserreicher, als der, der unter denselben Verhältnissen, aber bei unversehrten Nerven hervorquillt.

§. 796. Bringt man schwefelsaueres Chinin auf den Stamm des Zungenschlundkopfnerven eines Hundes oder einer Katze, so kann es sich hier vollständig auflösen, ohne dass irgend ein Merkmal von Geschmacksempfindung oder Ekel auftritt. Chemisch reizende Körper in derselben Weise angewendet, können Schmerzenszeichen hervorrufen.

§. 797. Man darf erwarten, dass die Zerstörung der grauen Massen, in welche die Wurzeln des Zungenschlundkopfnerven eintreten, das Wahrnehmungsvermögen für das Bittere aufheben wird. Die Anatomie und die Physiologie sind aber bis jetzt nicht im Stande anzugeben, welche Theile des centralen Nervensystemes jenseit dieses Bezirkes die Geschmacksempfindungen beherrschen.

§. 798. Manche Widersprüche in den Angaben, die über die Thätigkeiten der Wurzeln des herumschweifenden Nerven (N. vagus) und des Beinerven (N. accessorius) gemacht wurden, rühren davon her, dass die verschiedenen Forscher die Ursprungsbündel der beiden Nerven nicht auf dieselbe Weise abgrenzten. Mag man aber auch die Wurzelfäden des Beinerven so weit als möglich, nach vorn verlegen, so bleibt doch immer der Antheil des herumschweifenden Nerven gemischt. Er enthält eine gewisse Summe von bewegenden neben zahlreichen empfindenden Elementen. Die Reizung dieser Vaguswurzeln in dem Kaninchen oder der Katze führt zu lebhaften Schmerzensäusserungen, jedoch nicht zu so heftigem Schreien, als die Trennung der grösseren Wurzelabtheilung des dreigetheilten Nerven. Obgleich der Beinerv meist nur Bewegungsfasern enthält, so kann doch schon die Zerrung der Wurzeln desselben Schmerzensempfindungen erzeugen. Die mechanische Reizung derjenigen von dem verlängerten Marke losgeschnittenen Wurzelfasern, die unzweifelhaft dem herumschweifenden Nerven angehören, führt zu Bewegungen in dem Schlundkopfe und der Speiseröhre. Die dann folgenden Wurzeln, die mit mehr Recht dem Beinerven, als dem herumschweifenden Nerven zugetheilt werden, wirken ebenfalls auf die Muskeln des Schlundes und der Speiseröhre und dann auf die des Kehlkopfes, die weiter nach hinten gelegenen auf das Herz [2]).

---

[1]) SCHIFF, a. a. O. S. 402.

[2]) SCHIFF, Comptes rendus. Tome LVIII. 1864. p. 621

den Kopfnicker (Sternocleidomastoideus oder Sternomastoideus) und den Kappenmuskel (Cucullaris). Die Zusammenziehungen der Speiseröhre erhalten sich oft viel länger, als die der Kehlkopfmuskeln. Man kann daher nicht die Wurzeln des herumschweifenden Nerven einer hinteren und die des Beinerven einer vorderen Nervenwurzel gleichstellen. Jene sind aber vorherrschend empfindlich, wenn auch gemischt und diese jedenfalls ihrer Mehrzahl nach bewegend, mögen sie von vorn herein oder nur, wie man auch angenommen hat, rückläufig (§. 579.) empfindlich sein.

§. 799. Der aus dem Knoten des herumschweifenden Nerven (Ganglion vagi) hervorgetretene Vagusstamm, führt dreierlei Arten von Elementen, Empfindungs- und Bewegungsfasern, die schon in seinen Wurzeln vorhanden waren und bewegende, die durch die Aufnahme des vorderen oder inneren Astes des Beinerven (Ramus anterior s. internus Accessorii) hinzugekommen sind. Der äussere Ast (R. posterior s. externus) des letzteren enthält die Bewegungsfasern, die für den Kopfnicker und den Kappenmuskel bestimmt sind. Seine Reizung ruft überdiess oft deutliche Schmerzenszeichen hervor.

§. 800. Die Empfindlichkeit des Vagusstammes wechselt während seines Verlaufes in auffallendem Grade. Die mechanische Reizung des obersten Theiles oder des aus ihm hervortretenden oberen Kehlkopfnerven (R. laryngeus superior) erzeugt in der Regel nachdrückliche Schmerzensäusserungen nicht bloss in Hunden und Katzen, sondern auch in Kaninchen. Diese Thiere und die Pferde regen sich zwar, wenn man den Halsstamm des herumschweifenden Nerven in der Mitte seiner Länge mit der Pincette drückt. Man durchschneidet ihn aber hier häufig ohne alle Gegenwirkung. Die Bauchtheile der Vagusäste erscheinen nicht selten empfindlich.

§. 801. Versuche über den Ohrast des herumschweifenden Nerven (R. auricularis Vagi) liegen bis jetzt nicht vor. Man darf aber vermuthen, dass er Empfindungsfasern dem Antlitznerven mittheilt und hierauf den äusseren Gehörgang versorgt.

§. 802. Das Schlundgeflecht (Plexus pharyngeus) besteht aus den Schlundkopfzweigen des Zungenschlundkopfnerven, des herumschweifenden und des sympathischen Nerven. Man kann nach den gegenwärtigen Erfahrungen nicht entscheiden, ob die in den Schlundzweigen des Zungenschlundkopfnerven enthaltenen Empfindungsfasern nur Geschmacks- oder auch Tasteindrücke vermitteln. Die Schlundzweige des herumschweifenden Nerven dienen der Empfindun-

8*

und der Bewegung. Die Reizung des Vagusstammes unmittelbar nach dem Austritte desselben aus dem zerrissenen Loche führt zu Verkürzungen in dem Schlundkopfe und der Speiseröhre, so wie in glücklichen Fällen in einzelnen Muskeln des weichen Gaumens (Levator palati mollis, Azygos uvulae und pharyngopalatinus). Wir haben schon früher gesehen, dass der grössere oberflächliche Felsenbeinast des Antlitznerven auf die Musculatur des weichen Gaumens (§. 769.) und die kleine Wurzel des Zungenschlundkopfnerven auf die des Schlundkopfes (Stylopharyngeus und Constrictor faucium medius) (§. 791.) wirkt. Man kennt bis jetzt noch nicht die Thätigkeiten der Schlundzweige des sympathischen Nerven in genügender Weise. Die Bewegungsfasern des herumschweifenden Nerven, die sich zu dem Halstheile der Speiseröhre begeben, verlaufen in dem unteren Kehlkopfzweige des Kaninchens und wahrscheinlich auch des Menschen. Sie sind aber nach LUDWIG und CHAUVEAU in den Schlundästen und dem äusseren Zweige des oberen Kehlkopfnerven des Hundes, des Pferdes, des Esels und des Schafes enthalten.

§. 803. Die beiden Kehlkopfzweige des herumschweifenden Nerven, der obere (R. laryngeus superior) und der untere (R. laryngeus inferior s. recurrens) gehören zu den gemischten Stämmen. Der obere ist vorherrschend empfindlich. Die mechanische oder elektrische Reizung desselben führt zu lebhaften Schmerzensäusserungen. Seine beiderseitige Trennung verlangsamt die Athembewegungen. Andere Einflüsse, welche er auf diese ausübt, werden uns später beschäftigen. Der untere enthält vorzugsweise Bewegungsfasern. Man kann ihn in der Regel drücken oder durchschneiden, ohne dass sich das Thier regt. Da sich die Endzweige beider Aeste in dem Kehlkopfe gegenseitig verbinden, so lässt sich die Endverbreitung nur durch Reizversuche, die man in lebenden oder in frisch getödteten Thieren anstellt, genügend verfolgen. Hunde lehrten, dass der innere Ast des oberen Kehlkopfnerven die Kehlkopfschleimhaut empfindlich macht, der äussere dagegen die Bewegung des Ringschildknorpelmuskels (Cricothyreoideus) beherrscht und noch auf denjenigen Bezirk des Schlundkopfschnürers (Constrictor faucium), der in der Höhe des Kehlkopfes liegt, einzuwirken scheint. Der untere Kehlkopfnerv dagegen sendet empfindende und bewegende Fasern an die Luftröhre und den Halstheil der Speiseröhre. Er leitet die Verkürzungen aller Kehlkopfmuskeln mit Ausnahme des Ringschildknorpelmuskels (Cricothyreoideus) (also die von Cricoarytaenoideus posticus und lateralis, Thyreoarytaenoideus, Arytae-

noideus transversus und obliquus). Die Wirksamkeit eines jeden Kehlkopfnerven beschränkt sich auf die entsprechende Seitenhälfte der Kehlkopfmuskeln.

§. 804. Die gleichzeitige Verkürzung des Ringschildknorpelmuskels (Cricothyreoideus) und des hinteren Ringgiessbeckenmuskels (Cricoarytaenoideus posticus) spannt das untere Stimmband der Länge nach an. Diese zur Stimmbildung nöthige Dehnung der Bänder kann eben so gut durch die Lähmung des oberen, als des unteren Kehlkopfzweiges des herumschweifenden Nerven leiden. Hat man die zwei oberen Kehlkopfnerven in einem Hunde durchschnitten, so dreht sich nicht mehr der Ringknorpel mit seinem unteren Rande nach aussen und tritt nicht mit seinem oberen in die Höhe, wenn das Thier zu schreien versucht. Die Stimme wird daher oft rauher. Diese Wirkung fehlt aber auch in einzelnen Hunden. Legt man die unteren Stimmbänder bloss, so sieht man, dass sich die Stimmritze bei dem Einathmen, wie in gesunden Thieren, erweitert und bei dem Ausathmen verengt. Die Trennung der beiden unteren Kehlkopfzweige lähmt die Muskeln, die den hinteren Abschnitt der Stimmritze verengern oder schliessen (Arytaenoidei transversus und obliqui), die, welche die Stimmbänder erschlaffen (Thyreoarytaenoideus und Cricoarytaenoideus lateralis) und einen Theil der Bewegungsvorrichtung, die zur Spannung der Stimmbänder dient (Cricoarytaenoideus posticus). Die von den Kehlkopfmuskeln abhängige Erweiterung der Stimmritze bei dem Ein- und die durch sie erzeugte Verengerung derselben bei dem Ausathmen fehlen nach jenem Eingriffe. Die hintere Glottishälfte schliesst sich nicht, wie gewöhnlich, bei dem Versuche, Stimmlaute hervorzubringen. Sind die sämmtlichen Kehlkopfmuskeln gelähmt, so nehmen die Theile des Kehlkopfes diejenigen Stellungen ein, die ihnen ihre elastischen Kräfte anweisen. Diese und daher auch die Grösse der Athemnoth wechseln mit der Art und dem Alter der Thiere. Die Stimmritze jüngerer Katzen verengt sich aus diesem Grunde, während die älterer Hunde verhältnissmässig weit offen bleibt, man möge die unteren Kehlkopfnerven oder die Halsstämme der Vagi getrennt haben. Diese überleben auch den Eingriff länger, als jene. Neugeborene Kaninchen gehen kurz nach einer jener beiden Operationen zu Grunde, weil die schlaffen Stimmbänder des noch unvollkommen entwickelten Kehlkopfes, wie zwei Ventile, bei jedem Einathmungsversuche zusammenklappen und die Stimmritze vollständig schliessen. Die Anlegung einer Luftröhrenfistel beseitigt die Lebensgefahr. Hat sich das Knorpelgerüst des Kehlkopfes weiter

entwickelt, so fehlt auch jener vollständige passive Verschluss der Stimmritze. Ein älteres Kaninchen erstickt daher auch nicht so rasch, als ein jüngeres. Die Schnelligkeit, mit welcher der Kehlkopf seine grössere Festigkeit gewinnt und nicht bloss das Alter entscheidet überhaupt in den Säugethieren über die Länge der Lebensdauer nach der beiderseitigen Lähmung der Kehlkopfnerven.

§. 805. Erwachsene Kaninchen können die Trennung der beiden unteren Kehlkopfzweige Monate und Hunde Jahre lang überleben, wenn auch keine Wiedererzeugung Statt findet. Die Athmung zeigt dessenungeachtet einzelne regelwidrige Erscheinungen.

Da die active Stimmritzerweiterung bei dem Einathmen fehlt, so saugt die gleiche negative Druckgrösse in der Zeiteinheit weniger Luft, als gewöhnlich, in die Lungen ein. Der Unterschied hängt natürlich von der Grösse der Stimmritze ab. Er fällt desshalb im Allgemeinen in Kaninchen bedeutender, als in Hunden aus und verräth sich bei dem lebhafteren Athmen, wie es durch Schreck oder Angst erzeugt wird, nachdrücklicher, als bei dem gewöhnlichen ruhigen. Fangen die Thiere zu laufen an, so kommen sie um so eher ausser Athem, je näher sich die Stimmbänder zusammenlegen.

§. 806. Eine etwas längere Dauer der Athemzüge sucht den Unterschied auszugleichen, den die verhältnissmässige Enge der Stimmritze während des Einathmens bedingt. Die der Zeiteinheit entsprechende Zahl derselben nimmt zwar in geringerem Grade ab. Sie sinkt aber weit weniger, als nach der Trennung der beiden Vagusstämme am Halse. Betrug z. B. der Mittelwerth der auf die Minute kommenden Menge der Athemzüge 86,25 für gesunde Kaninchen und 89,75 für diejenigen, in welchen man die zur Nerventrennung nöthige Halswunde angelegt hatte, so glich er 79,30 nach der Durchschneidung der beiden unteren Kehlkopfzweige, 24,56 dagegen nach der der beiden Halsstämme der herumschweifenden Nerven. Das Bemühen, den durch den Mangel der activen Stimmritzenerweiterung erzeugten Nachtheil auszugleichen, führt zu jener Aenderung der Athmungsmechanik, durch die verhältnissmässig grössere Sauerstoffmengen aufgenommen werden. Nennt man Sauerstoffverhältniss den Volumenswerth des verzehrten Sauerstoffes, der der Volumenseinheit der ausgeschiedenen Kohlensäure entspricht, so ergaben gesunde Kaninchen eine Mittelgrösse von 1,24, solche, an denen eine Halswunde angelegt worden, 1,18, die, denen man die beiden unteren Kehlkopfnerven durchschnitten hatte, 1,45 und die, welchen die zwei herumschweifenden Nerven getrennt worden, 1,65.

Leben die Thiere länger fort, so nähern sich wahrscheinlich ihre Athmungserzeugnisse immer mehr denen gesunder Geschöpfe. Die Abweichung wird vermuthlich in Hunden kleiner, als in Kaninchen ausfallen.

§. 807. Liegen die Stimmbänder, deren Muskeln die Trennung der unteren Kehlkopfzweige gelähmt hat, bei ruhiger Athmung schlaff da, so können sie bei angestrengter wie Segel bewegt werden. Ein hörbares Strömen der Luft oder ein Rasselgeräusch begleitet dann leicht das Athmen. Das Streben, viel Luft in die Lungen zu führen, kann die Ausathmung der Kaninchen abkürzen, die Einathmung unmittelbar darauf folgen lassen und diese in merklichem Grade verlängern. Katzen bieten bisweilen noch Zwischenpausen der Ruhe dar. Die Furcht oder andere Aufregungen vergrössern in der Regel nicht die Zahl der Athemzüge, wie in gesunden Geschöpfen. Sie können sie sogar sichtlich verkleinern.

§. 808. Die Lähmung des hinteren Ringgiessbeckenmuskels (Cricoarytaenoideus posticus) jeder Seite macht die zur kräftigen Stimmbildung nöthige Spannung der unteren Stimmbänder unmöglich. Jede active Ausdehnung derselben überhaupt fällt aber erst fort, wenn zugleich die beiden Ringschildknorpelmuskeln (Cricothyreoidei) unthätig sind, man also nicht bloss die unteren, sondern auch die oberen Kehlkopfzweige durchschnitten hat. Die Trennung der zwei unteren Kehlkopfzweige führt dessenungeachtet schon in Hunden und Katzen zu völliger Stimmlosigkeit, zu blossen Rasselgeräuschen oder einem lauten Blasen der durchgetriebenen Luft statt der klangvollen Stimmtöne.

§. 809. Fehlt auch die active Stimmritzenverengerung nach der Durchschneidung der oberen Kehlkopfnerven, so bleibt doch die passive immer noch möglich. Sie zeigt sich bei dem Schlucken und dem Erbrechen, wenn die Zusammenziehung der benachbarten Schlundkopfschnürer die Giessbeckenknorpel coulissenartig einander entgegenschiebt. Die Thiere verschlucken sich aber leichter, wenn sie während des Essens beunruhigt werden oder man ihnen Flüssigkeit in die Rachenhöhle unmittelbar eingiesst.

§. 810. Die Aeste des herumschweifenden Nerven, die sich in das Herzgeflecht (Plexus cardiacus) begeben, wirken auf das Nachdrücklichste auf die Herzbewegung und die, welche in die Lungengeflechte (Plexus pulmonales anterior und posterior) treten, auf den Ernährungszustand der Lungen. Die nähere Betrachtung dieser Erscheinungen wird uns in der Folge ausführlicher

beschäftigen. Die Vagusfasern, die mit den Sympathicuszweigen gemischt in den Speiseröhrengeflechten (Plexus oesophagei superior und inferior) verlaufen, enthalten Empfindungsfasern für die Schleimhaut der Speiseröhre und leiten zugleich die Bewegungen derselben.

§. 811. Wollte man nach der Zergliederung mit freiem Auge allein urtheilen, so dürfte man nur schliessen, dass die Magenzweige (R. R. gastrici) des herumschweifenden Nerven auf den Magen wirken. Physiologische Versuche lehren aber, dass sich auch ihr Einfluss auf die dünnen Gedärme, oft auch auf den Dickdarm und vermuthlich sogar auf die Leber ausdehnt.

§. 812. Oeffnet man die Unterleibshöhle von Hunden und trennt die Bauchtheile der Vagusstämme (N. N. vagi anterior und posterior) unmittelbar nach deren Durchtritt durch die Speiseröhrenöffnung des Zwerchfells, so zeigt sich, dass sie Empfindungsfasern enthalten. Die Reizung nach dem Tode führt zu Bewegungen im Magen und bisweilen auch in den dünnen und den dicken Gedärmen.

§. 813. Hunde und selbst Kaninchen können den eben erwähnten Eingriff Monate lang überleben, weil die schädlichen Einflüsse, welche die Durchschneidung der beiden Halsstämme der Vagi auf das Herz, die Lungen und die Speiseröhre ausübt, bei jener tiefen Trennung hinwegfallen. Die Thiere leiden bisweilen im Anfange an Schlingbeschwerden. Diese verlieren sich aber in der Folge. Die lange Lebensdauer beweist mittelbar, dass die in dem Magen nicht aufgesogenen Bestandtheile der Speisen in hinreichender Menge in die dünnen Gedärme übergehen. Die Magenverdauung leidet nicht und Hunger und Durst verrathen sich ebenfalls. Das Erbrechen bleibt möglich. Man kann Reflexbewegungen durch die örtliche Reizung der Magenschleimhaut hervorrufen. Die Empfindlichkeit von dieser und der Schleimhaut des Zwölffingerdarmes scheint herabgesetzt zu sein [1]). Die gleichen Erscheinungen zeigen sich und das Leben kann ebenfalls unbestimmte Zeit fortdauern, wenn man einen um den Bauchtheil der Speiseröhre herumgehenden Kreisschnitt bis in die Muskelhaut gemacht und sich so gesichert hat, dass auch die feineren Vagusäste ausser den Hauptstämmen getrennt worden. Wir werden in der Folge sehen, dass die Verletzung der Muskelhaut selbst einen wesentlichen Einfluss

[1]) M. Schiff, Neue Untersuchungen über den Einfluss des Nervus vagus auf die Magenthätigkeit. Bern 1860. 8. S. 16.

auf die Bewegungen des Magens und das Erbrechen auszuüben im Stande ist.

§. 814. Die Trennung des einen Halsstammes des herumschweifenden Nerven bildet keinen an und für sich gefährlichen Eingriff. Hunde können Jahre lang leben, ohne dass sich der Nerv wiedererzeugt. Die anhaltende Verkleinerung des Sehloches des Auges der verletzten Seite verräth die Anwesenheit der Nervenlücke in den Hunden und den Katzen, nicht aber in den Kaninchen, den Murmelthieren oder dem Menschen, weil der Halstheil des sympathischen Nerven mit dem des herumschweifenden nur in den zuerst genannten Geschöpfen innig verbunden ist. Die einseitige Vaguslähmung kann auch vom Menschen eine unbestimmte Zeit ertragen werden. Die bisweilen aus Unvorsichtigkeit vorgenommene gleichzeitige Unterbindung der gemeinschaftlichen Halsschlagader und des Halsstammes des herumschweifenden Nerven des Menschen dürfte, nach Thierversuchen zu schliessen, nicht absolut tödtlich sein, wie man gewöhnlich annimmt. ROUX [1]), der ein Stück der doppelt unterbundenen Carotis und des Vagus entfernte, bemerkte nur Neigung zu Husten und Erbrechen, während Heiserkeit, beschränkte Expectoration und Athembeschwerden fehlten. Die Leichenöffnung wies keine Lungenentartung nach. KAPPELER [2]) beschrieb einen Fall, in dem BILLROTH ein einen halben Zoll langes Stück des herumschweifenden Nerven mit einem Lymphdrüsenarkom wegnahm. Der Kranke verlor den Klang seiner Stimme und wurde heiser. Die Empfindlichkeit der Kehlkopfschleimhaut erhielt sich an beiden Seiten. Die Muskellähmung der leidenden Seitenhälfte verrieth sich noch nach langer Zeit durch die laryngoskopische Untersuchung. Die tieferen Töne wurden dadurch gebildet, dass sich das gesunde Stimmband dem kranken über die Mittellinie hinaus näherte und an dasselbe fest anschloss. Es überlagerte sich über dasselbe bei hohen Tönen. Die Krankheitszeichen stimmten mit denen überein, welche die Lähmung des einen unteren Kehlkopfsnerven des Menschen durch den Druck von Geschwülsten oder anderen Entartungen zur Folge hat [3]).

§. 815. Ist der eine Vagusstamm in der Mitte des Halses in einem Säugethiere durchschnitten worden, so kann das Athmen rasselnd und die Stimme verändert erscheinen, die mittlere Zahl der

---

[1]) FANO, Archives générales. 1856. Février. p. 183 — 189.
[2]) KAPPELER, Archiv der Heilkunde. Bd. V. 1864. S. 271—275.
[3]) TÜRK, Medicinisch-chirurgische Monatshefte. 1864. S. 238—241.

Athemzüge des nicht aufgeregten Thieres in geringem Grade abnehmen, die Menge des verzehrten Sauerstoffes etwas grösser als gewöhnlich ausfallen und das Herz rascher schlagen. Junge Hunde trinken bisweilen mehr Milch und erbrechen sich desshalb oder leiden an Durchfall. Alle diese Zeichen sind aber unbeständig und verlieren sich nach einiger Zeit. Eine Geschwulst oder vergrösserte und verhärtete Drüsen, die den einen Vagus des Menschen drücken oder gänzlich zerstört haben, oder ein Aneurysma des Aortenbogens, das den Vagusstamm und den unteren Kehlkopfnerven beengt, kann zwar ein Kehlkopfgeräusch bei dem Athmen, Athembeschwerden, Husten und mühsames Schlucken bedingen. Es kommt aber auch vor, dass keine merklichen Störungen oder nur Unregelmässigkeiten des Herzschlages bemerkt werden, wenn der herumschweifende Nerv allseitig von Geschwulstmassen des Halses eingeengt worden.

§. 816. Sind die von den herumschweifenden Nerven beherrschten Muskeln symmetrisch paarig und seitlich geschieden, so wirkt der rechte Vagus nur auf die rechte und der linke auf die linke Hälfte. Regt man den einen Halsstamm oberhalb der Abgangsstelle des oberen Kehlkopfnerven an, so verkürzen sich alle kleineren Kehlkopfmuskeln der gleichen Seite. Nur die Zusammenziehung des queren Giessbeckenmuskels (Arytaenoideus transversus), die ebenfalls an derselben Seite kraftvoll beginnt, setzt sich vielleicht auf die andere Seite der Continuität der Fasern wegen fort. Ist der eine Vagusstamm in der Mitte des Halses durchschnitten, so können im Anfange einige Schlingbeschwerden auftreten, weil ein entsprechender Seitentheil der Speiseröhre nicht mehr regelmässig spielt. Da aber eine kraftvolle Peristaltik möglich bleibt, so gleitet die Nahrung jedenfalls gänzlich oder grösstentheils in den Magen hinab. Die Schlingbeschwerden verlieren sich nach und nach. Sie fehlen auch oft von vorn herein. Die Verflechtung der Muskelfasern des Magens endlich bedingt es, dass die Reizung eines Vagus Zusammenziehungen zur Folge hat, die sich über den ganzen Magen ausdehnen.

§. 817. Der Mangel des Einflusses auf eine einzige Seitenhälfte verräth sich am Herzen am deutlichsten. Jeder der beiden Halsstämme des herumschweifenden Nerven kann auf das ganze Herz, auf beide Vorhöfe oder beide Kammern wirken. Einseitige Folgen zeigen sich nur ausnahmsweise, ehe die Nervenäste vollkommen erlöschen (§. 828.).

§. 818. Budge und Ed. Weber fanden zuerst im Frosche, dass die Tetanisation der beiden Halsstämme der herum-

schweifenden Nerven, also die Behandlung derselben mit den rasch wiederholten Schlägen der Rotationsmaschine oder des Magnetelektromotors den Stillstand des Herzens zur Folge hat. Die späteren Untersuchungen von LUDWIG, VOLKMANN, SCHIFF, HEIDENHAIN, TRAUBE, MOLESCHOTT, BEZOLD und GOLTZ verfolgten die Erscheinungen in Säugethieren und Fröschen. Die Tetanisation des peripherischen, auf eine Platte von Glas oder von Gutta percha gesonderten Abschnittes eines einzigen getrennten Halsstammes des Vagus reicht hin, die periodische Zusammenziehung aller vier Hauptabtheilungen des Herzens aufzuheben. Die gleiche Behandlung beider Vagi wirkt nur kräftiger. Stellt man die Versuche im Frosche unter Oel an, so zieht sich das Herz nach GOLTZ später nie mehr zusammen, wenn man es einmal durch die Vagusreizung zur Ruhe brachte.

§. 819. Besitzen die tetanisirenden Ströme die nöthige Stärke, so stehen die Vorhöfe und die Kammern in Diastole still. Sie füllen sich mit verhältnissmässig bedeutenden Blutmassen. Die dünnwandigen Vorhöfe erscheinen daher wie prall gespannte dunkelblaue Säcke. Die dickwandigeren Kammern dagegen behalten ihre fleischrothe Färbung. Reizt man eine Stelle der Oberfläche des ruhenden Herzens mit einem Nadelstiche, so erhält man gewöhnlich eine einmalige Zusammenziehung der Vorhöfe und dann der Kammern. Eine blosse Verkürzung der angesprochenen Kammern oder eine dieser erst nachfolgende Systole der Vorkammern wird nur bemerkt, wenn die Erregungs- oder die Empfänglichkeitsgrösse gering ist. Man erhält das Gleiche, wenn man das Herz durch die Wirkung von Opiumtinctur auf die Innenfläche desselben zum Stillstande gebracht hat. Die Kammern sind für Versuche der Art empfänglicher, als die Vorhöfe. Hielt die Erregung nicht zu lange an, so beginnen die Herzschläge erst nach dem Aufhören derselben und zwar nach einer um so kürzeren Ruhepause, je schwächer der Eingriff war. Die Vorhöfe ziehen sich zuerst und die Kammern unmittelbar darauf und zwar oft mit grossem Nachdrucke zusammen. Die Herzbewegungen sind hierbei im Anfange kräftiger und rascher. Das gewöhnliche Verhältniss kehrt allmählig zurück.

§. 820. Der Stillstand des Herzens ändert die übrigen Kreislaufsverhältnisse in wesentlicher Weise. Der hohe Grad von Blutdruck oder Spannung, den das Hämodynamometer in den grösseren Schlagaderstämmen nachweist, rührt davon her, dass jede Systole der linken Kammer mehr Blut in die Aorta giesst, als gleichzeitig

aus den Enden des Schlagadersystemes in die Haargefässe übertritt. Die überschüssige incompressible Blutmenge drückt auf die Schlagaderwände, dehnt sie aus und erzeugt zugleich den hohen Seitendruck, den das Manometer angibt. Hört der Druck der linken Herzkammer mit der Diastole derselben auf, so wirken die elastischen Schlagaderwände auf die Blutmasse nach dem Gesetze zurück, dass Wirkung und Gegenwirkung die gleichen sind, und daher der vollkommene elastische Körper mit derselben Kraftgrösse zu seiner früheren Form zurückzukehren strebt, die ihn unmittelbar vorher gedehnt hat. Das von den Schlagaderwänden gedrückte Blut weicht nach den beiden ihm möglichen Richtungen, central und peripherisch aus. Der Schluss der halbmondförmigen Klappen der Aorta hindert sogleich den Rückgang nach der linken Kammerhöhle, während der nach der Peripherie frei bleibt. Diese Auffassungsweise erklärt es, wesshalb die Diastole der Schlagadern der Systole der Herzkammern und umgekehrt entspricht und der Blutdruck und die Blutgeschwindigkeit im Laufe der Zusammenziehung der linken Kammer wachsen und während der Erschlaffung derselben abnehmen.

§. 821. Eine zweite Kammersystole folgt unter gewöhnlichen Verhältnissen der ersten so rasch nach, dass nur ein geringer Grad von Entspannung der Schlagaderwände möglich bleibt. Der Blutdruck erhält sich daher in der Halsschlagader der Säugethiere auf einer ungefähren Mittelgrösse von fünfzehn Centimetern Quecksilber und sinkt höchstens um einen Centimeter und oft nur um wenige Millimeter während der Diastole. Steht dagegen das Herz in Folge der Vagusreizung oder aus einer anderen Ursache für längere Zeit still, so treibt die elastische Rückwirkung der Schlagaderwände immer mehr Blut aus den Schlagadern in die Haargefässe über. Der arterielle Blutdruck sinkt daher fortwährend. Er kann zuletzt nur wenige Centimeter betragen. Nimmt er nicht bis auf einige Millimeter, wie kurz nach dem Tode ab, so liegt dieses nur daran, dass der durch die Tetanisation der Vagi bedingte Herzstillstand nicht lange genug angehalten hat.

§. 822. Der Mangel der periodischen Zusammenziehung der linken Kammer hat natürlich zur Folge, dass der Wechsel von Erweiterung und Verengerung der Schlagadern, mithin das Klopfen des Pulses ausbleibt. Die Entleerung der Schlagadern füllt zunächst die Haargefässe. Es hängt von der Ausdehnungsfähigkeit dieser ab, wie viel Blut in die Blutadern und von der gleichen Bedingung der letzteren, wie viel in die diastolischen Vorhöfe über-

Verfallen zugleich die Körpermuskeln in Starrkrampf, weil
nesschleifen diese oder das Rückenmark von dem Vagus aus
hsetzen, so wird mehr Blut von den Venen in die Vorhöfe ge-
gt und diese füllen sich daher strotzender an, als ohne diese
nbedingung.

§. 823. Eine unvollkommene Beurtheilung der Verhältnisse, die
nach der Rückkehr des Herzschlages geltend machen, hat eine
Deutung der Erscheinungen herbeigeführt. Beobachtet man
den Blutkraftmesser, so sieht man, dass der arterielle Blutdruck
steigt und zuletzt eine grössere Höhe, als vor dem Herzstill-
le zu erreichen pflegt. Man schloss hieraus, dass die Systole
linken Kammer kräftiger geworden. Versteht man hierunter,
sich der Ventrikel vollständiger entleert und daher mehr Blut
ein Mal in die Aorta giesst, so muss sich der Blutdruck durch
eine Systole bedeutend erhöhen. Untersuchen wir aber seine
ungen auf den Blutkraftmesser, so verfolgen wir immer die
üsse einer grösseren oder geringeren Reihe von Herzschlägen.
Geschwindigkeit, mit der diese auf einander folgen, bestimmt
die Erhebung der Quecksilbersäule in wesentlichster Weise.
kann einen höheren Blutdruck bei schwächerem, aber häufige-
Herzschlage haben, wenn mehr Blut in der Zeiteinheit, obgleich
mit jeder Systole in das Schlagadersystem übertritt. Es lässt
umgekehrt denken, dass ein kräftigerer, aber seltenerer Herz-
g den arteriellen Blutdruck aus dem gleichen Grunde sinken
. Man darf daher die Manometerwerthe nur dann mit Sicher-
deuten, wenn man die Füllungs- und die Entleerungsgrösse der
merhöhle und die Geschwindigkeit des Herzschlages kennt.

§. 824. Hält die elektrische Tetanisation eines oder der beiden
mschweifenden Nerven zu lange an, so beginnen die Herzschläge
Neuem. Der Stillstand fehlt gänzlich bei zu schwacher Erre-
oder bei zu grosser Erschöpfung der Nerven. Legt man die
troden an die Querfurche des Herzens, so erhält man noch
, wenn sie die herumschweifenden Nerven nicht mehr herbei-
n. Schwache Reizungen führen hierbei bisweilen zum Still-
le der Kammern, nicht aber zu dem der Vorhöfe.

§. 825. Die Einflüsse, die der herumschweifende Nerv auf das
ausübt, lassen sich in dem unversehrten Thiere, wenn auch
so rein, als nach der Reizung des durchschnittenen und ge-
erten Stammes nachweisen. Man sticht eine dünne Explorations-
l in das Herz und zwei Elektrodennadeln in die Halsgegend,

die dem Verlaufe des Vagus entspricht. Die Explorationsnadel ruht oft während der Tetanisation des Nerven. Die heftige Athemnoth und die Erstickungsgefahr zwingen in der Regel zu einer baldigen Unterbrechung der Beobachtung.

§. 826. Die rasch wiederholte mechanische Reizung oder die mechanische Tetanisation des herumschweifenden Nerven verlängert die zwischen zwei Zusammenziehungen der Kammern liegende Zeitgrösse in ähnlicher Weise, wie schwache elektrische Ströme. Da man hier einen Theil des Nerven nach dem anderen zerstört, so dauert die Wirkung zu kurze Zeit, als dass man einen anhaltenden Stillstand hervorrufen könnte. Dieser Einfluss der mechanischen Erregung und der ähnliche Erfolg, den das Hinstreichen längs der Nerven mit einem glühenden Drathe oder das allmählige Eindringen einer chemisch reizenden Flüssigkeit nach sich zieht, beweisen, dass keine besondere Eigenthümlichkeit der Elektricität, sondern die Natur des Vagus die Wirkung auf das Herz erzeugt.

§. 827. Die Reizung eines Nervenstammes regt hier nicht, wie gewöhnlich, Bewegungen an, sondern hebt dieselben vielmehr auf. Dasselbe kehrt in manchen anderen Theilen wieder. Die beiden Eingeweidenerven (N. N. splanchnici major und minor) können Dünndarmbewegungen hervorrufen. PFLÜGER fand aber, dass sie auch die vorhandene Peristaltik in dem lebenden Thiere hemmen, wenn man sie selbst oder die Fortsetzungen ihrer Fasern im Rückenmarke mit den Schlägen des Magnetelektromotors behandelt. Der obere Kehlkopfzweig (R. laryngeus superior), der die Empfindlichkeit der Kehlkopfschleimhaut vermittelt und die Reflexbewegungen des Hustens nach mässigen Erregungen derselben hervorruft, kann, wie wir sehen werden, nach ROSENTHAL die Athmung hemmen. Diese Beispiele führen aber zu dem Schlusse, dass die Quantität des Eingriffes den Erfolg wesentlich bestimmt. Geringere Erregungsgrade rufen Bewegungen hervor, während diese nach stärkeren ausbleiben. Dasselbe wiederholt sich für den herumschweifenden Nerven.

§. 828. Die schwache Vagusreizung kann die Zahl der Herzschläge vergrössern. Hat die Bewegung des Herzens in dem frisch getödteten Thiere aufgehört, so sieht man bisweilen, dass sie nach der Ansprache des Halsstammes des herumschweifenden Nerven mit mechanischen oder chemischen Erregungsmitteln von neuem beginnt.

Da aber oft die Herzschläge ohne eine anzugebende Veranlassung wiederkehren, oder ihren Rhythmus ändern, so beweisen diese Thatsachen weniger, als ein anderer Versuch, der zwar selten gelingt, den ich aber in den verschiedensten Säugethieren mit Erfolg anstellte. Trifft man den richtigen Zeitpunkt des niedersten Grades der Leistungsfähigkeit, so erzeugt die mechanische oder die chemische Reizung des Halsvagus nur ein der Länge und der Breite nach beschränktes Wellenzittern einzelner Muskelbündel und zwar meist der gleichseitigen Kammer. Brachte SCHELSKE das Herz des Frosches dadurch zur Ruhe, dass er es einer Wärme von 30 bis 36° aussetzte oder auf 0° abkühlte, so rief ein Inductionsschlag, der den Stamm des herumschweifenden Nerven traf, eine einzige Zusammenziehung des Herzens hervor. Dieses ging dann wieder zur Ruhe über. Der herumschweifende Nerv kann also Zusammenziehungen der Herzmusculatur zur Folge haben und nur die ihm entsprechende Herzhälfte anregen.

§. 829. Man nannte Hemmungsnerven diejenigen Stämme, deren Reizung Muskelmassen erschlaffen lässt. Der herumschweifende Nerv wurde auf diese Weise von WEBER und dessen Nachfolgern als der unmittelbare Hemmungsnerv der Herzbewegungen und der Eingeweidenerv von PFLÜGER als der der Peristaltik der dünnen Gedärme, der obere Kehlkopfnerv dagegen von ROSENTHAL als der reflectorische Hemmungsnerv der Athmung angesehen. FRANKENHÄUSER endlich nimmt an, dass die an der Aorta herunterlaufenden Nervengeflechte des sympathischen Nerven die Bewegungs- und die von dem Kreuzbeinnerven kommenden Zweige die Hemmungsnerven der Gebärmutter seien. Man darf dieses nicht in dem Sinne nehmen, dass die Hemmung eine unveränderliche Eigenschaft des Nerven bildet, weil auch Verkürzungen bei schwachen Erregungen oder niederen Empfänglichkeitsgraden desselben möglich bleiben. Der Ausdruck Hemmungsnerv ist überhaupt ein Wort, das nicht nur die Erscheinungen nicht erklärt, sondern auch von dem Suchen nach einer näheren Erläuterung abhält, weil man sich mit der Annahme einer verborgenen Eigenschaft leicht beruhigt.

§. 830. SCHIFF und nach ihm MOLESCHOTT fassen die Hemmung als Erschöpfungswirkung auf. Sie betrachten den herumschweifenden Nerven als einen gewöhnlichen Bewegungsnerven. Die Fasern, die das Herz beherrschen, erlahmen aber schnell und erholen sich wiederum nach kurzer Zeit, so dass sich hieraus der

Wechsel von Systole und Diastole erklären lasse. SCHIFF[1]) suchte ähnliche Wirkungen, wie die der Vagusreizung an den Fussmuskeln des Frosches hervorzurufen, indem er den Hüftnerven durch den Schluss der Kette mittelst eines Uhrwerkes periodisch reizte. War die Empfänglichkeit des Hüftgeflechtes durch vorangehende elektrische Misshandlungen so sehr geschwächt, dass die dasselbe treffenden Schläge des Magnetelektromotors keine Zusammenziehungen des Wadenmuskels oder der Fussmuskeln erzeugten, so erhielt man Verkürzungen, wenn man den Hüftnerven auf die oben erwähnte Weise anregte, ohne dass der Magnetelektromotor auf das Hüftgeflecht wirkte, nicht aber, wenn dieses gleichzeitig von den Inductionsströmen durchsetzt wurde.

§. 831. Die Zukunft wird genauer feststellen müssen, von welchen Molecularverhältnissen es abhängt, dass die Bewegungseinflüsse einzelner Nerven jenseit einer gewissen Erregungsgrösse aufhören und eingeleitete Bewegungen in Folge dessen still stehen. Das Galvanometer gab hierüber bis jetzt keinen Aufschluss. Die elektromotorischen Eigenschaften des herumschweifenden Nerven unterscheiden sich nicht von denen anderer Nerven. Derjenige Tetanisationsgrad, der zur Erzeugung des Stillstandes des Herzens hinreicht, ruft die gewöhnliche negative Schwankung des Nervenstromes hervor.

§. 832. Lässt man den Magnetelektromotor auf den Halsstamm eines Hundes wirken, so dass die Kehlkopfmuskeln und die Speiseröhre in Starrkrämpfe verfallen und das Herz ruht, so erschlaffen jene früher, als dieses zu schlagen beginnt[2]). Der active Erregungseinfluss erschöpft sich also eher, als die auf das Herz ausgeübte Vaguswirkung. Erzeugt man die Schliessungen und die Unterbrechungen des Stromkreises durch den §. 363. beschriebenen Disjunctor oder durch einen Magnetelektromotor, dessen Hammer man bedeutend höher oder tiefer stellen kann, so findet man, dass das Herz nicht still steht, ja nicht einmal langsamer schlägt, wenn sich die auf die Zeiteinheit kommende Zahl der Unterbrechungen unterhalb einer gewissen Grenze hält. Die Beschleunigung des Rhythmus der Herzthätigkeit tritt anderseits erst eine merkliche Zeit später, als die zweite Vagustrennung ein und steigt hierauf allmählig zu einem Maximum.

[1]) SCHIFF, Physiologie. S. 190—192.
[2]) SCHIFF, a. a. O. S. 418.

§. 833. LOWER wusste schon, dass die Trennung der beiden herumschweifenden Nerven die Menge der Herzschläge vergrössert. Sie kann um mehr als das Doppelte in Hunden steigen und z. B. von 70 auf 150 wachsen. Leben die Thiere eine Zeit lang fort, so schlägt das Herz nach einigen Tagen etwas langsamer. Eine grössere Häufigkeit des Pulses, als in dem gesunden Hunde bleibt jedoch bis zu dem Tode zurück. BERNSTEIN fand, dass der sympathische Nerv einen wesentlichen Einfluss auf diese Erscheinungen ausübt. Hat man die beiden Grenzstränge eines Kaninchens, dessen künstliche Athmung unterhalten wird, von der Gegend des siebenten Brustwirbels bis zu dem unteren Lendentheile ausgerissen, so führt die doppelte Vagustrennung zu keiner Vermehrung des Herzschlages.

§. 834. Die Vergrösserung der Zahl der Herzbewegungen kommt zwar als beständige Erscheinung in den Säugethieren vor. BUDGE und MOREAU vermissten sie aber in den Fröschen, die dessenungeachtet den Herzstillstand nach der elektrischen Erregung einer oder beider Vagi liefern. Rührte die Beschleunigung der Herzschläge von Säugethieren, deren Vagi getrennt worden, von der Beseitigung des Einflusses der Hemmungsnerven her, so liesse sich nicht einsehen, wesshalb nicht das Gleiche in Fröschen wiederkehren sollte. Der Unterschied der Athmungsbeziehungen kann den Widerspruch nicht erklären. Man hat sich vorgestellt, dass die beschwerliche Athmung, welche der doppelten Vagustrennung nachfolgt, den Herzschlag der Säugethiere häufiger macht. Da die Lungen eine nur untergeordnete Rolle für den Gaswechsel der Frösche übernehmen, dieser vielmehr durch die Haut grösstentheils vermittelt wird, so glaubte man hierin den Grund zu finden, wesshalb das Herz des Frosches nicht schneller schlägt, wenn die Vagi nicht mehr wirken. Diese Anschauungsweise fällt aber, so wie man die Betrachtung auf die Vögel ausdehnt. Obgleich die Athmung dieser Thiere lebhafter als die der Säugethiere ist und die doppelte Vagustrennung nachdrückliche Athembeschwerden zur Folge hat, so ist doch die Beschleunigung des Herzschlages geringer und kann sogar nach EINBRODT nach durchgreifenden Misshandlungen der herumschweifenden Nerven bei der Präparation gänzlich fehlen. Diese Aenderungen des Herzschlages liefern keinen sicheren Beweis für die Hemmungsvorstellung.

§. 835. Dasselbe gilt von der Einwirkung beständiger galvanischer Ströme, weil hier die Ergebnisse wechseln. HEIDENHAIN sah im Hunde, dass eine starke Kette, die den Halsstamm des

herumschweifenden Nerven anhaltend durchsetzte, die Zahl der Herzschläge von 28 auf 40 bis 65 in der Zeiteinheit hob. Ein dem früheren nahe stehender Werth kehrte nach der Oeffnung des Stromes wieder. BEZOLD[1]) dagegen fand in Kaninchen, dass schwächere und stärkere absteigende Ströme die Zahl der Herzschläge im Anfange in geringem Grade verminderten, später dagegen in dieser Beziehung wirkungslos blieben. Der Schluss schwacher, nicht aber starker Ströme und die Oeffnung beider wirkten ebenfalls verlangsamend ein.

§. 836. BROWN-SÉQUARD[2]) suchte die Ursache des Herzstillstandes in der Unterbrechung des Kreislaufes der Herzmasse. Die von dem herumschweifenden Nerven abhängigen Haargefässe sollten sich in hohem Grade verengen. Mehrere Gründe sprechen gegen diese Auffassung. Die Misshandlung des Hüftnerven ändert nicht unmittelbar die Durchmesser der Haargefässe der Schwimmhaut des Frosches. Es ist daher schon an und für sich unwahrscheinlich, dass der herumschweifende Nerv einen so mächtigen Einfluss auf die Haargefässe des Herzens ausübt. Steht das Herz eines Säugethieres, dessen Athmung künstlich unterhalten wird, während der Tetanisation des Vagus still, so sieht man mit der Loupe, dass die feineren Gefässe der Oberfläche desselben mit Blut gefüllt bleiben. Ein ausgeschnittenes Herz kann zwar wiederum klopfen, wenn man eine seiner Kranzschlagadern durch ein Rohr mit der Schlagader eines lebenden Säugethieres verbunden und so den künstlichen Durchgang des Blutes wiederhergestellt hat. Dieser erhöht die Lebhaftigkeit und wahrscheinlich auch die Kraft des Herzschlages. Er bildet aber keine nöthwendige Bedingung für die Zusammenziehung des Herzens überhaupt. Es hört nicht zu schlagen auf, wenn man die Kranzarterien durchschnitten, unterbunden oder bis in die Haargefässe hinein mit erstarrender Einspritzungsmasse gefüllt hat. Ein solches noch Stunden lang fortklopfendes Herz kann nach der Tetanisation des herumschweifenden Nerven wie ein gesundes still stehen. Es ruht weit früher, wenn die Lungenschlagader selbst nur zum grössten Theile embolisch verstopft worden, als wenn der Blutlauf in seiner Muskelmasse still steht.

[1]) A. v. BEZOLD, Untersuchungen über die Innervation des Herzens. Leipzig 1863. 8. S. 77. 80. 81.

[2]) BROWN-SÉQUARD, Experimental Researches p. 78.

§. 837. Die Durchschneidung der beiden Halsstämme des
uschweifenden Nerven bildet einen in jedem Falle tödtlichen
iff. Dieses gilt selbst für den Fall, dass man den zweiten
s Wochen oder Monate lang nach dem ersten trennt, voraus-
zt, dass sich dieser indessen nicht wiedererzeugt hat. Da aber
Kaninchen, die sonst nach Verletzungen der Unterleibsorgane
zu Grunde gehen, die Trennung der beiden Endäste des
uschweifenden Nerven unbestimmte Zeit überleben (§. 813.), so
dass die durch die höheren Zweige erzeugten Lähmungs-
einungen den Tod herbeiführen.

§. 838. Neugeborene Säugethiere überleben die doppelte Vagus-
ung verhältnissmässig die kürzeste Zeit, wenn man keine Luft-
nfistel anlegt (§. 804.). Erwachsene Kaninchen sterben
itens nach drei bis vier Tagen. Hunde können ungefähr zwei
te in den glücklichsten Fällen erhalten bleiben. Eine Luft-
nfistel mindert einen Theil der Leiden. Sie verlangsamt wahr-
nlich die allmählige Aenderung der Blutbeschaffenheit, die ver-
ich die Hauptursache des Todes bildet.

§. 839. Der sympathische Nerv scheint keine Bewegungsfasern
lie rothen Muskelmassen des Schlundes und der Speise-
e zu enthalten. Die in der Mitte des Halses vorgenommene
elte Vagustrennung lähmt die Musculatur der Speiseröhre gänz-
und die des Schlundes bis auf den mittleren Schlundkopfschnürer,
um Theil von dem äusseren Aste des oberen Kehlkopfnerven
ngt, und den Griffelschlundkopfmuskel, den der Zungenfleisch-
beherrscht (§. 791.). Die Schlingbeschwerden und die bisweilen
mmende starke Anfüllung der Speiseröhre mit Nahrungsmassen
stützen die Ergebnisse, welche die an frisch getödteten Säuge-
en angestellten Reizversuche liefern. Berücksichtigt man aber
Möglichkeit der langen Lebensdauer, vorzugsweise in Hunden,
das in diesen Thieren oder in Katzen auftretende Erbrechen,
ird man mit Recht in Zweifel ziehen, dass hier die Speiseröhre
tändig gelähmt sei, dass also ihre Bewegungen nur bei unver-
en Vagusfasern möglich bleiben. Hiermit fällt auch die An-
me von Blainville, dass die durch die Ueberfüllung der
seröhre bedingte Zusammendrückung der Lungen den Tod
eiführe. Man hat bis jetzt die Frage, ob die Empfindlichkeit
Oesophagusschleimhaut nach der doppelten Vagustrennung
dich oder nur theilweise aufgehoben ist, mit Sicherheit nicht
chieden.

§. 840. Sind auch die beiden Halsstämme des herumschweifenden Nerven in einem Hunde, der eine Magenfistel trägt, durchschnitten worden, so kann doch noch die mechanische oder die chemische Erregung der Magenschleimhaut eine stärkere Röthung derselben und Reflexbewegungen hervorrufen. Die Angabe mancher Forscher, dass die Empfindlichkeit der inneren Oberfläche des Magens abgenommen, hat eine nicht geringe Wahrscheinlichkeit für sich. Sie lässt sich jedoch mit Sicherheit nicht beweisen. Die früher oft vertheidigte Ansicht, dass die Vagusfasern die Gefühle des Hungers und des Durstes vermitteln, hat sich nicht bewährt. Es kommt im Gegentheil vor, dass junge Hunde so viel Milch nehmen, dass ihre Magengegend sichtlich aufschwillt.

§. 841. Die doppelte Vagustrennung verlangsamt die Magenbewegungen. Sie bleiben aber immer noch stark genug, um die Speisen in den mannichfachsten Richtungen fortzuschieben und zuletzt in den Dünndarm überzuführen oder die Cardia- oder die Pförtneröffnung für längere Zeit zu schliessen.

§. 842. Die Thiere, in denen der eine oder die beiden herumschweifenden Nerven durchschnitten worden, brechen im Allgemeinen häufiger als gesunde[1]). Reizt man den centralen Abschnitt des getrennten Halsvagus des Hundes, mit den Schlägen des Magnetelektromotors, so folgt nicht selten Brechneigung nach. Man muss zwei Fälle, das scheinbare und das wahre Erbrechen unterscheiden. Ist die Speiseröhre in dem Grade gelähmt, dass in ihr Nahrungsmittel zurückbleiben, so können diese in Folge eines starken Ausathmungsdruckes oder aus anderen Gründen in die Mundhöhle theilweise übertreten. Dieser Rückgang wird im Allgemeinen um so leichter erfolgen, je mehr die Speiseröhre durch die verschluckten Körper ausgedehnt worden. Manche Pflanzenfresser, wie das Pferd, das Kaninchen, das Meerschweinchen erbrechen sich nie, so lange sie gesund sind. ROUGET leitet diese Erscheinung in den beiden letzteren Thieren davon her, dass hier ein die Speiseröhre umgebender von dem Zwerchfellnerven abhängiger Theil des Zwerchfelles, der nach Art eines Schliessmuskels wirkt, stärker als sonst entwickelt ist. Nahrungsmassen kehren nicht selten in die Mund-

[1]) Geschwülste, die den einen Halsstamm des herumschweifenden Nerven des Menschen drücken, können ebenfalls Husten und Erbrechen zur Folge haben. Siehe z. B. M. J. TILGEN, Diss. sistens observationem fungi medullaris Nervi vagi et partium adjacentium. Bonnae 1830. 4. p. 4.

höhle jener Pflanzenfresser zurück, wenn man die beiden Vagi durchschnitten hat. Da sie sich auch nach der Trennung der Mitteltheile des grossen Gehirns oder nach anderen Hirnverletzungen erbrechen, so wird man bei künftigen Untersuchungen genauer bestimmen müssen, wann jenes nur scheinbar durch die Lähmung der Speiseröhre erzeugte Erbrechen auftritt und wann das wahre die Nahrungsmittel aus dem Magen heraufwirft. Manche Forscher läugneten, dass dieses Letztere nach der doppelten Vagustrennung möglich sei oder dass man es durch die örtliche Reizung der Magenwände, vorzugsweise der Pförtnerhälfte hervorrufen könne. Die Hunde lassen keinen Zweifel in dieser Beziehung. Sie erbrechen sich häufig nach dem Genusse fester Massen oder übergrosser Mengen von Flüssigkeiten und leiden oft an Würgen und an Brechbewegungen bei leerem Magen.

§. 843. Die nähere Betrachtung der Verhältnisse des Erbrechens kann uns manche Aufschlüsse über die Beziehungen dieser Erscheinung zu dem herumschweifenden und dem sympathischen Nerven geben.

Der durch die Seitenstränge und das verlängerte Mark eingeleitete regelmässige Wechsel der Ein- und der Ausathmungsbewegungen liefert einen der vielen Beweise, dass sich die Erregungen nicht ungeordnet, sondern nach bestimmten Normen von einer mikroskopischen Ganglienkugel zur anderen mittheilen. Führt die Bauchpresse zu dem Ausnahmsfalle, dass sich ein Einathmungsmuskel, wie das Zwerchfell, und die gewöhnlichen Ausathmungsmuskeln, nämlich die Bauchmuskeln gleichzeitig zusammenziehen, so folgt, dass hier die Erregung in dem centralen Nervensysteme in ungewöhnlicher Weise durchschlägt. Da aber die Bauchpresse bei dem nach der Ausreissung beider herumschweifenden Nerven auftretenden Erbrechen wirkt, so bleibt der Anstoss zu jener eigenthümlichen Verbreitung der Reizung in dem verlängerten Marke auch ohne die in den Vagusbahnen verlaufenden Empfindungsfasern möglich. Entsteht hier das Erbrechen durch Ueberfüllung des Magens, so können nur die Magenzweige des sympathischen Nerven die zum Grunde liegende Reflexerregung vermitteln. Hat man eine Magenfistel in einem Hunde angelegt und hierauf die beiden herumschweifenden Nerven durchschnitten, so sieht man, dass mechanische Reize, welche die Magenschleimhaut treffen, Bewegungen des Magens hervorrufen. Die Magenzweige des Sympathicus enthalten also Empfindungsfasern, welche die ersten Erreger jener Reflexbewegungen bilden.

§. 844. Der seit dem Ende des siebzehnten Jahrhunderts fortgeführte Streit, ob nur die Bauchpresse oder auch die gleichzeitige Zusammenziehung des Magens bei dem Erbrechen wirkt, kann nach unseren gegenwärtigen Kenntnissen entschieden werden. Man weiss jetzt, dass der Magen nicht unthätig bleibt. Er kann sogar Bedingungen liefern, die jedes Erbrechen trotz aller Anstrengungen der Bauchpresse unmöglich machen.

§. 845. Da sich Hunde, Katzen und der Mensch, wie der Fall von PATRY[1]) lehrt, bei geöffneter Unterleibshöhle und sogar bei vorgezogenem Magen erbrechen können, so folgt, dass der allseitige Druck der Bauchmuskeln keine unerlässliche Bedingung der Erscheinung bildet. Der Magen wird gegen das Zwerchfell plötzlich hinaufgeführt, weil sich die Speiseröhre rasch und nachdrücklich verkürzt. Die Zusammenziehung derselben hat aber zur Folge, dass ihre an Cardia ausstrahlenden Fasern die Cardiamündung, wie die Oeffnung einer Börse weit aufmachen und dadurch erst den Uebergang reichlicher Nahrungsmassen in die Speiseröhre ermöglichen. Dieser Act bereitet sich schon während der Uebelkeiten vor. Der Magen des Menschen[2]) lieferte dann so starke von dem Pförtner nach der Cardia gerichtete Wurmbewegungen, dass man sie sehen und fühlen konnte. Sie schieben den Mageninhalt gegen die Cardia hin. Das Luftschlucken, das während der Uebelkeit in dem Menschen und den Thieren vorkommt, vergrössert den Umfang des Magens, so dass auf ihn die Bauchpresse um so eher wirken kann. Die mit Luft vermengten Speisen gleiten auch im Allgemeinen leichter nach oben fort.

§. 846. Hatte SCHIFF die Grenzbezirke der Cardia junger Hunde mit einem Faden umschnürt und dann die Ligatur gelöst, so wurden hierdurch die oben erwähnten Ausläufer der die Cardia öffnenden Speiseröhrenfasern unthätig gemacht. Da sich der Magen schief stellt, seine grosse Krümmung nach oben und vorn und seine kleine nach unten und hinten richtet, wenn er mit Nahrungsmassen gefüllt wird, so legt sich die Uebergangsstelle der Speiseröhre in den Magen so ein, dass keine Inhaltsmassen austreten können. Jene Speiseröhrenfasern müssen erst die Cardia öffnen. Sind sie gelähmt, so führt die Einverleibung von Brechweinstein zu den unerhörtesten.

[1]) PATRY, Bulletin de l'académie de médecine. Tome XXVIII. Paris 1863. 8. p. 790—792.

[2]) PATRY, Ebendaselbst S. 791.

Stunden lang fortdauernden Brechanstrengungen, ohne dass das Erbrechen trotz der kräftigsten Wirkungen der Bauchpresse zu Stande kommt. Dasselbe wiederholt sich, wenn man vorher den Magen durch eingetriebene Luft so sehr ausgedehnt hat, dass der ganze obere Bezirk des Unterleibes aufgeschwollen erscheint.

§. 847. Hatte RÜHLE ein Wassermanometer in dem Magen seitlich eingesetzt, so fand er, dass die Flüssigkeit des dem Magen näheren Schenkels in dem Augenblicke des Erbrechens emporging. Er betrachtete dieses als einen Gegenbeweis der Ansicht, dass sich der Magen zu derselben Zeit zusammenziehe. Das Ansaugen der Manometerflüssigkeit erklärt sich aber nach dem Bernoulli-Venturischen Theorem, weil die Nahrungsmittel an der Einmündungsstelle des Manometers rasch vorübergehen. Oeffnen die Strahlenfasern der Speiseröhre die Cardiamündung, so hat man eine schnelle Vergrösserung des Innenraumes des Magens und daher einen zweiten Grund für das Steigen des Wassers in dem benachbarten Manometerschenkel.

§. 848. Da die doppelte Vagustrennung weder die Magenbewegungen, noch das Erbrechen unmöglich macht, so folgt, dass die zu dem Magen gehenden Sympathicuszweige alle hier in Betracht kommenden Erregungsbedingungen liefern können. Wie die Gefühle des Hungers und des Durstes nach der doppelten Vagustrennung erhalten bleiben, so ist auch die Möglichkeit des Ekelgefühles nicht aufgehoben. Dieses wird daher immer noch die antiperistaltischen Bewegungen des Magens hervorrufen, welche das Erbrechen vorbereiten können, nicht aber für dasselbe unerlässlich sind. Tritt der Brechact selbst ein, so wird noch die Cardiaöffnung aufgezogen und der Mageninhalt durch die gleichzeitige Druckwirkung des Zwerchfelles und der Bauchmuskeln vorzugsweise nach oben geworfen.

§. 849. Die Verdauung leidet nur mittelbar durch die doppelte Vagustrennung. Die mechanische Reizung der Magenschleimhaut führt immer noch zu dem Ergusse von Absonderungsflüssigkeit in die Magenhöhle. Sie scheint nur minder reichlich hervorzuquellen. Sie kann nicht bloss sauer sein, sondern auch Eiweisskörper kraftvoll verdauen, also Pepsin führen. Die Fleischnahrung der Hunde und die Pflanzennahrung der Kaninchen verwandeln sich daher in Speisebrei. Die Milch gerinnt im Magen und ausserhalb desselben durch die aus der Magenschleimhaut des kranken Thieres bereitete künstliche Verdauungsflüssigkeit. Da die

Magenbewegungen erschwert sind, und desshalb die Nahrungsmittel minder rasch und unvollkommener mit Magensaft bestrichen werden, so bildet sich der Speisebrei langsamer und geht nicht so schnell in den Zwölffingerdarm, als unter regelrechten Verhältnissen. Die Dünndarmverdauung leidet nicht sichtlich durch die doppelte Vagustrennung.

§. 850. Manche Trugbilder haben zu der Ansicht verleitet, dass die Magenverdauung nach diesem Eingriffe aufgehoben sei. Eine Hauptquelle der Täuschung lag darin, dass nicht selten die Hunde eine pepsinarme Flüssigkeit im Anfange liefern und sich überhaupt Verdauungsstörungen geltend machen, wie sie oft bei jenen Thieren und in Menschen, wenn sie Magenfisteln haben, nach geringen nicht immer genau angebbaren Veranlassungen auftreten. Man kann daher einen minder wirksamen oder selbst einen alkalischen Magensaft unter diesen Verhältnissen antreffen. Leben die Hunde längere Zeit, so verlieren sich diese Verdauungsstörungen eben so gut, als sich die Schlingbeschwerden meistentheils bessern. Die gewöhnlichen Bedingungen der Absonderung des Magensaftes erhalten sich hier, wie nach der Ausrottung des Sonnengeflechtes.

§. 851. Ein Pferd starb nach BOULEY ungefähr anderthalb Stunden, nachdem man ihm 32 Grammen weingeistigen Brechnussextractes durch eine Oeffnung der Speiseröhre eingeführt hatte. Waren aber die beiden herumschweifenden Nerven durchschnitten, so lebte das Thier länger als 24 Stunden nach der Einführung des Giftes. Die Ursache lag darin, dass die Magenbewegungen fehlten oder wenigstens seltener und kraftloser ausfielen und die Magenschleimhaut den Auszug der Brechnuss nicht aufgesogen hatte. BOULEY erzeugte auch den gleichen Erfolg durch die Unterbindung des Pförtners ohne die Vagustrennung. Oeffnete man die Ligatur, so traten die Vergiftungszeichen in weniger als einer Viertelstunde auf. Derselbe Eingriff verhütet dagegen nicht die Wirkungen des Strychnins im Hunde, weil schon der Magen die Lösung in diesen Thieren aufsaugt.

§. 852. Amygdalin und Emulsin sind an und für sich unschädliche Körper. Führt man sie aber zusammen oder kurz nach einander in den Magen ein, so stirbt das Thier nach kurzer Zeit. Das Amygdalin zerlegt sich unter Aufnahme der Elemente des Wassers in die giftige Blausäure und in zwei unschädlichen Verbindungen, Bittermandelöl und Zucker. BERNARD glaubte gefunden zu haben, dass ein Kaninchen, dem man zuerst Amygdalin und bald darauf Emulsin

gegeben hat, nur dann an Blausäurevergiftung zu Grunde geht, wenn seine beiden herumschweifenden Nerven durchschnitten worden. Er suchte dieses durch die Annahme zu erklären, dass die Verdauung des gesunden Thieres das Emulsin zersetzt und daher die Erzeugung von Blausäure verhütet. Die älteren Versuche von mir und die neueren von LUSSANA lehrten aber, dass die Kaninchen an jener Vergiftung sterben, man möge die herumschweifenden Nerven durchschnitten haben oder nicht. Das Emulsin allein bleibt lange Zeit im Nahrungscanale unverändert. Eine Täuschung ist aber dadurch möglich, dass die freie Säure des Magensaftes, wenn sie in zu grosser Menge vorhanden ist, die Wechselwirkung des Amygdalins und des Emulsins, gleich jeder anderen Säure hindern kann.

§. 853. Obgleich es bisweilen in frisch getödteten Säugethieren gelingt, Bewegungen nicht nur in den dünnen, sondern auch in den dicken Gedärmen und selbst in der Gebärmutter durch die Reizung des einen Halsstammes des herumschweifenden Nerven hervorzurufen, so führt doch die doppelte Vagustrennung zu keinen bis jetzt bemerkten Störungen der Thätigkeiten jener Körpertheile.

§. 854. Wir sahen schon §. 833., dass sich die Zahl der Herzschläge nach jenem Eingriffe merklich vergrössert. Eine und dieselbe Thierart kann aber in dieser Hinsicht wesentliche Unterschiede darbieten. NASSE sah die Pulsfrequenz zwischen 18% und 88% und im Mittel um 38% in zwölf Hunden steigen. Gehört aber auch die Erhöhung um mehr als das Doppelte keineswegs zu den Seltenheiten, so zeugt doch die Lebhaftigkeit, mit welcher der Herzschlag bis zu den letzten Lebenszeichen fortdauert, gegen die Ansicht, welche die Todesursache der durch allzugrosse Thätigkeit bedingten Erschöpfung des Herzens zuschreibt.

§. 855. Gifte, die auf das Herz in auffallender Weise wirken, üben bisweilen andere Einflüsse vor, als nach der doppelten Vagustrennung aus. Der Fingerhut setzt die Zahl der Herzschläge in dem unversehrten Thiere herab. Hatte TRAUBE diesen Erfolg durch die Einspritzung in das Blut in Hunden erreicht und durchschnitt er hierauf die beiden herumschweifenden Nerven, so erhöhte sich die Pulsfrequenz bedeutend. Spritzte er dagegen eine Digitalislösung nach der doppelten Vagustrennung ein, so nahm die Menge der Herzschläge, wenn auch nicht bedeutend ab. $^1/_{100}$ Tropfen Nicotin unmittelbar in das Blut gebracht verkleinerte die Zahl der Pulsschläge und vergrösserte den Blutdruck in dem Aortensysteme. Wiederholte man den Versuch nach der zwiefachen Vagusdurch-

schneidung, so zeigte sich gar keine oder eine nur sehr geringe Veränderung. Mittlere Nicotingaben dagegen wirkten bei durchschnittenen herumschweifenden Nerven, wie kleine bei unversehrten. Die Störungen fielen schwächer aus, wenn das Gift durch die Carotis in der Richtung nach dem Gehirn, als wenn es in die Drosselblutader in der nach dem Herzen zu eingespritzt worden.

Hatte TRAUBE die beiden herumschweifenden Nerven durchschnitten, den Hund mit Curare vergiftet und hörte er dann mit der künstlich eingeleiteten Athmung auf, so schrieben sich zweizipfelige Wellen am Kymographion auf. Sie entstanden dadurch, dass das Herz zwei Schläge rasch hinter einander machte und dann ruhte. Man hatte zuletzt einen seltenen und langsamen Puls, ehe alle Bewegungen aufhörten. Diese Erscheinung, die auch bei anderen Giftwirkungen, wie denen des kohlensaueren Natrons des Cyankaliums und der gallensaueren Salze wiederkehrte, zeigte sich bei unversehrten Vagis oder wenn diese gelähmt und die Bewegungsthätigkeit des Herzens im Erlöschen begriffen war.

Spritzte TRAUBE gallensauere Salze in die Drosselblutader nach dem Herzen zu ein, so stieg die Pulsfrequenz, während der Blutdruck in dem Aortensysteme sank. Man erhielt das Letztere ohne das Erstere nach der doppelten Vagustrennung. Hatte man den Hund durch Morphin betäubt und führte dann das Gift in die Carotis ein, so erzeugte sich ein Einathmungsstarrkrampf, dem der Stillstand der Athembewegungen nachfolgte, während das Herz noch einige Minuten fortschlug. Machte man den Versuch an einem mit Curare vergifteten Thiere, dessen künstliche Athmung unterhalten wurde, so verminderte sich die Pulsfrequenz bei unversehrten, nicht aber bei durchschnittenen Vagis. Die Auflösung von Blutkörperchen durch gallensauere Salze bedingte es, dass Blutfarbestoff an vielen Stellen in und ausserhalb der Schädelhöhle austrat und rothe Flecke erzeugte. Die Abnahme der Blutkörperchen als der erregenden Sauerstoffträger bildet wahrscheinlich die Hauptursache der giftigen Wirkungen.

§. 856. Die doppelte Vagustrennung wirkt am auffallendsten und nachdrücklichsten auf die Athmungserscheinungen. Die Zahl der Athemzüge nimmt sogleich und zwar beträchtlich stärker, als nach der Trennung eines herumschweifenden Nerven ab. Gesunde Kaninchen gaben 86,25 und solche, in denen man die zur Operation nöthige Halswunde angelegt hatte, 89,75 Athemzüge als die der Minute entsprechenden Durchschnittswerthe (§. 806.). Sie lieferten 79,30 nach

der einseitigen Vagustrennung oder der Durchschneidung der zwei unteren Kehlkopfnerven. Die beiderseitige Durchschneidung der herumschweifenden Nerven am Halse setzte die Mittelgrösse auf 24,56 herab. Da sie auf 48,75 stieg, so wie man eine Luftröhrenfistel angelegt hatte, so folgt, dass die Beseitigung der Lähmungseinflüsse der Kehlkopfmuskeln nicht alle Ursachen der Athmungsverlangsamung aufhebt. Sie zeigt sich auch nach der Vagustrennung von Kaninchen, in denen man das grosse und das kleine Gehirn entfernt, das verlängerte Mark aber bis zur Brücke zurückgelassen hat. Die Zahl der Athemzüge von Hunden beträgt oft nur $^1/_3$ bis $^1/_4$ des regelrechten Werthes während einer Reihe von Tagen nach der Operation. Sie athmen daher nur 5 bis 6 Mal in der Minute. Leben sie länger fort, so bessert sich allmählig die Athmung. Die Langsamkeit nimmt wiederum etwas ab. Man hat hörbare, schleimrasselnde oder seufzerähnliche Athemzüge. Die Athemnoth wird unter gewöhnlichen Verhältnissen geringer. Sie vergrössert sich aber durch starke Füllung des Magens, durch die Aufregungen der Angst oder des Zornes oder bei Laufversuchen. Die Aetherisation tödtet bisweilen schnell die Hunde, deren herumschweifende Nerven durchschnitten worden.

§. 857. Die Einathmung der Kaninchen wird tiefer und dauert länger, als die Ausathmung. Bedeutend lange Pausen schalten sich zwischen den Athemzügen ein[1]). Die äusseren Zwischenrippenmuskeln, und die Rippenheber, die sich sonst bei den Athembewegungen dieser Thiere nach ROSENTHAL nicht betheiligen, ziehen sich lebhaft zusammen. Die Verkürzung des Zwerchfelles wird zugleich kräftiger. Die Anlegung einer Luftröhrenfistel lehrt aber, dass diese Erscheinungen von dem Mangel der Stimmritzenerweiterung in dem Augenblicke der Einathmung nicht ausschliesslich abhängen. Der unmittelbare Eintritt der Luft in die Luftröhre beseitigt das Schleimrasseln oder das pfeifende Athmen, nicht hingegen die regelwidrige und beängstigende Athmungsmechanik. Die Thiere sterben zwar später, sie gehen jedoch ebenso sicher, als ohne Luftröhrenfistel zu Grunde.

§. 858. Die lange Dauer eines jeden Athemzuges hat zur Folge, dass er eine grosse Menge ausgehauchter Kohlensäure und verzehrten Sauerstoffes liefert. Die geringe einer grösseren Zeiteinheit ent-

---

[1]) Siehe die Curve Fig. 6. S. 152 meiner Schrift, Die Einflüsse der Vaguslähmung. Frankfurt a. M. 1857. 8.

schneidung, so zeigte sich gar keine oder eine nur seh änderung. Mittlere Nicotingaben dagegen wirkten be tenen herumschweifenden Nerven, wie kleine bei unv Störungen fielen schwächer aus, wenn das Gift dur in der Richtung nach dem Gehirn, als wenn es in blutader in der nach dem Herzen zu eingespritzt word

Hatte TRAUBE die beiden herumschweifenden N schnitten, den Hund mit Curare vergiftet und hörte er künstlich eingeleiteten Athmung auf, so schrieben sich Wellen am Kymographion auf. Sie entstanden dadu Herz zwei Schläge rasch hinter einander machte u Man hatte zuletzt einen seltenen und langsamen Bewegungen aufhörten. Diese Erscheinung, die au Giftwirkungen, wie denen des kohlensaueren Cyankaliums und der gallensaueren Sal zeigte sich bei unversehrten Vagis oder wenn diese Bewegungsthätigkeit des Herzens im Erlöschen be

Spritzte TRAUBE gallensauere Salze in d nach dem Herzen zu ein, so stieg die Pulsfreq Blutdruck in dem Aortensysteme sank. Man ohne das Erstere nach der doppelten Vagustr den Hund durch Morphin betäubt und führte d Carotis ein, so erzeugte sich ein Einathmungss Stillstand der Athembewegungen nachfolgte, wä einige Minuten fortschlug. Machte man den V Curare vergifteten Thiere, dessen künstliche wurde, so verminderte sich die Pulsfrequenz b aber bei durchschnittenen Vagis. Die Auflösu durch gallensauere Salze bedingte es, dass Stellen in und ausserhalb der Schädelhöhle a erzeugte. Die Abnahme der Blutkörperchen Sauerstoffträger bildet wahrscheinlich die Ha Wirkungen.

§. 856. Die doppelte Vagustrennung und nachdrücklichsten auf die Athmungser der Athemzüge nimmt sogleich und zwar b nach der Trennung eines herumschweifenden Kaninchen gaben 86,25 und solche, in denen nöthige Halswunde angelegt hatte, 89,75 Athe entsprechenden Durchschnittswerthe (§. 806.),

ɔh der doppelten
ıg lang und zeigen
se die rothen Extra-
.cht sein oder nicht.
lich von den Folgen
negative Druck kann
nd Durchschwitzungen
nde Nerv die Lungen-
ıd sich diese nach der
tamm der einen Seite
e beider Lungen. Ein
ksichtigte, gewinnt aber
mung der Gefässnerven
ıs Widerstandsvermögen
mt. Einflüsse, die von
verden, führen dann zu
auf die Lungen an, so
.e Athmungsnoth auf die
ɜ Grösse von Athmungs-
Gefässnerven eingreifen
ıng eines Vagusstammes,
:h zieht, den Ernährungs-
lie beider dagegen nicht
Aenderungen in beiden
lben Lunge erzeugt.
ꞔen es, dass das Thier
Hunde längere Zeit fort,
ler selbst mit Blutstreifen
ıngsreste gehen in ver-
ıb. Obgleich viel Galle
ch die Gallenblase nach
rd nach NASSE wasser-
chen, des Eiweisses und
ıt nimmt mit der Länge
nd z. B. dass die Hunde,
166 Grm., die welche
t nach 30 Tagen starben,
ɔn Körpergewichtes ver-
auch die Durchschnitts-
erhungern. Der mittlere

sprechende Zahl der Athemzüge gleicht dieses so aus, dass weniger oder mindestens nicht mehr Kohlensäure als von dem gesunden Thiere entfernt wird. Der starke negative Einathmungsdruck dagegen führt zur Aufnahme grösserer Sauerstoffmengen [1]).

§. 859. Alle an doppelter Vagustrennung zu Grunde gegangenen Säugethiere zeigen eine Lungenentartung, welche die verschiedenartigsten Deutungen veranlasst hat. Die Gefässerweiterung und die Blutüberfüllung sind bisweilen so ausgedehnt, dass eine ganze Lunge roth statt gelb erscheint. Es kommt häufiger vor, dass diese nur einzelne zerstreute heller oder dunkeler gefärbte Flecke enthält. Sie zeigen eine blosse Blutüberfüllung oder bieten kleinere oder grössere wahre Extravasate dar. Man hat eine Vermehrung der Schleimmassen, seröse und selbst festere Ausschwitzungen in anderen Fällen, so dass die kranken Stellen einen grösseren Widerstand, als gesunde Lungenstücke dem Aufblasen entgegensetzen. Lobuläres oder interlobuläres Emphysem findet sich nur in Ausnahmsfällen. Verwachsungen der Lungen mit den Brustwänden und wässrige oder eiterige Ergüsse in die Lungenfellhöhle kommen nie vor. Hunde, die den Eingriff lange überlebt haben, zeigen bisweilen reichliche Schleim- oder eiterähnliche Massen im Kehlkopfe.

§. 860. Die Stimmritze schliesst sich zwar oft nach der doppelten Vagustrennung während des Niederschluckens, wenn auch die unteren Kehlkopfnerven für den Willenseinfluss gelähmt sind. Es ereignet sich aber häufig, dass dieses Sicherheitsmittel unvollkommen bleibt oder gänzlich mangelt. Bruchstücke der Nahrungsmassen, die Mundflüssigkeiten und die Epithelien der Mundhöhle treten dann leicht in den Kehlkopf und die Luftröhre über. Die Unempfindlichkeit der ganzen Athmungsschleimhaut macht es möglich, dass sie durch die tiefen Einathmungen fortgerissen werden und bis zu den feineren Bronchialästen vordringen, ohne Husten zu erzeugen. Man findet daher nicht selten grüne Futterbruchstücke nicht nur in der Luftröhre, sondern auch in den Bronchialverzweigungen von Kaninchen, die nach der doppelten Vagustrennung gestorben sind. Diese Erscheinungen führten zu der Annahme, dass die auf solche Abwege gerathenen Fremdkörper die Lungenentartung durch ihre reizenden Wirkungen erzeugten. Erstarrte Murmelthiere, die keine Nahrung seit Monaten genossen haben und sie auch nicht nach dem Erwachen nehmen, die weder Mundschleim noch Speichel während des Winterschlafes

[1]) Siehe die Tabelle in: Die Einflüsse der Vaguslähmung. S. 144.

absondern, leiden an heftiger Athmungsnoth nach der doppelten Vagustrennung, überleben diesen Eingriff keinen Tag lang und zeigen dessenungeachtet die Lungenentartung, vorzugsweise die rothen Extravasatflecke, sie mögen nach der Operation erwacht sein oder nicht.

§. 861. Die Veränderung rührt wahrscheinlich von den Folgen der mühsamen Einathmung her. Der starke negative Druck kann einzelne feine Gefässe um so eher sprengen und Durchschwitzungen aus anderen erzeugen, als der herumschweifende Nerv die Lungengefässe zum Theil zu beherrschen scheint und sich diese nach der Trennung desselben erweitern. Ein Vagusstamm der einen Seite erstreckt hierbei seine Einflüsse auf Gefässe beider Lungen. Ein Nebenumstand, den man bis jetzt nicht berücksichtigte, gewinnt aber hier eine wesentliche Bedeutung. Die Lähmung der Gefässnerven hat, wie wir sehen werden, zur Folge, dass das Widerstandsvermögen der Gewebe gegen äussere Eingriffe abnimmt. Einflüsse, die von gesunden Theilen ohne Schaden ertragen werden, führen dann zu Ernährungsstörungen. Wenden wir dieses auf die Lungen an, so wird die nach der Vagustrennung eintretende Athmungsnoth auf die Lungen schädlicher wirken, als die gleiche Grösse von Athmungsbeschwerden bei der Unversehrtheit aller Gefässnerven eingreifen würde. Dieses erklärt, wesshalb die Trennung eines Vagusstammes, die keine tieferen Athembeschwerden nach sich zieht, den Ernährungszustand der Lungen nicht zu stören pflegt, die beider dagegen nicht selten wesentlich verschiedene organische Aenderungen in beiden Lungen oder in den einzelnen Bezirken derselben Lunge erzeugt.

§. 862. Die Athembeschwerden bedingen es, dass das Thier traurig oder apathisch erscheint. Leben die Hunde längere Zeit fort, so magern sie ab, entleeren übelriechende oder selbst mit Blutstreifen vermischte Kothmassen. Unverdaute Nahrungsreste gehen in verhältnissmässig grossen Mengen mit diesen ab. Obgleich viel Galle in den Darm übertritt, zeigt sich doch auch die Gallenblase nach dem Tode strotzend gefüllt. Das Blut wird nach NASSE wasserarmer, während die Procente der Blutkörperchen, des Eiweisses und des Faserstoffes steigen. Das Körpergewicht nimmt mit der Länge der Lebensdauer immer mehr ab. NASSE fand z. B. dass die Hunde, welche nach $2^1/_2$ Tagen gestorben waren, 166 Grm., die welche 5 Tage lebten, 204 Grm. und die, welche erst nach 30 Tagen starben, 426 Grm. für ein Kilogramm ursprünglichen Körpergewichtes verloren hatten. Dieser Werth von $^2/_5$ bildet auch die Durchschnittsgrösse der Abnahme desselben bei dem Verhungern. Der mittlere

tägliche Verlust ist aber hier um so kleiner, je längere Zeit seit der Entziehung der Nahrung verflossen ist.

§. 863. Die Lungenentartung oder die eben betrachtete Grösse der Ernährungsstörung kann vielleicht einzelne Thiere hinwegraffen. Viele aber und besonders die Kaninchen gehen weder unter Erstickungszeichen, noch mit den Merkmalen der Inanition zu Grunde. Sie sterben plötzlich bei irgend kräftigen Eingriffen, oft schon, wenn man sie in die Höhe hebt, um sie in einen anderen Behälter zu bringen. Dieses führte zu der Vermuthung, dass sich allmählig eine Blutbeschaffenheit ausbildet, welche die Thätigkeiten des centralen Nervensystemes, besonders des verlängerten Markes immer mühsamer erhält. Das Herz kann noch eine Zeit lang nach dem Tode fortschlagen und die Reizbarkeit der Körpermuskeln und der Baucheingeweide ziemlich lange fortdauern.

§. 864. Die Wirkungen, welche die Reizung des centralen Stückes des herumschweifenden Nerven mit den Schlägen des Magnetelektromotors nach sich zieht, wechseln mit der Stärke der gebrauchten Wechselströme. Sehr schwache erhöhen und etwas stärkere vermindern die Zahl der Athemzüge. Noch kräftigere bringen das Zwerchfell in der Einathmungs- und verstärktere in der Ausathmungsstellung zur Ruhe[1]). Rosenthal[2]) entdeckte, dass die Erregung des centralen Abschnittes des oberen Kehlkopfnerven und zwar nur die des inneren, nicht aber die des äusseren Astes desselben die Einathmung unterdrückt und die Ausathmungsmuskeln zur Verkürzung anregt. Das Zwerchfell verfällt nicht in Starrkrampf, wie bei der Behandlung des Vagusstammes mit den gleichen Wechselströmen. Es erschlafft vielmehr. Sind die Ströme so schwach, dass kein Athmungsstillstand zum Vorschein kommt, so verlangsamt sich die Athembewegung leichter durch den oberen Kehlkopfnerven, als durch den Vagusstamm. Obgleich man auch eine Abnahme der Zahl der Athemzüge durch starke mechanische Reize, die viele andere Empfindungsnerven, z. B. den vorderen oder den hinteren Ohrnerven, einen der Halsnerven, einen der Aeste des Achselgeflechtes oder des Hüftnerven treffen, erzeugen kann, so wirkt doch in dieser Hinsicht der obere Kehlkopfnerv am nachdrücklichsten.

---

[1]) Vgl. Moleschott in seinen Untersuchungen. Bd. IX. 1863. S. 172.

[2]) J. Rosenthal, Die Athembewegungen und ihre Beziehungen zum Nervus vagus. Berlin 1862. 8. S. 135. Vgl. Budge, Zeitschrift für rationelle Medicin. Dritte Reihe. Bd. XXI. 1864. S. 289.

§. 865. Der innere Ast dieses Nerven bildet den sensiblen Erreger der Reflexbewegungen des **Hustens**, wenn ein Körper die Kehlkopfschleimhaut reizt. Man kann auch diese Art von Bewegung oder stossende Ausathmungen verhältnissmässig am leichtesten durch die unmittelbare Ansprache des oberen Kehlkopfnerven der Säugethiere hervorrufen. Es beruhte dagegen auf einem Irrthume, wenn man diese Fähigkeit dem Vagusstamme abgesprochen hat. Die Wirkung zeigt sich hier seltener, weil die Empfänglichkeit geringer, als in dem oberen Kehlkopfzweige ist und Reflexbewegungen überhaupt von den grösseren Nervenstämmen aus schwerer erregt werden. Neigung zum Husten kommt bei Geschwülsten oder Aneurysmen, die nur einen Vagus des Menschen beeinträchtigen, als Regel vor.

§. 866. Schwächere oder ziemlich starke Wechselströme, die das centrale Ende des durchschnittenen herumschweifenden Nerven treffen, können den Herzschlag schneller und stärkere denselben langsamer machen. Mechanische Reizungen der Empfindungsnerven ziehen diese zweierlei Arten von Wirkungen ebenfalls nach sich. Haben kräftige Erregungen eine Verlangsamung hervorgerufen, so schwindet sie meist unmittelbar nach dem Aufhören des Reizes. Sie vergeht jedenfalls schneller, als die Beschleunigung.

§. 867. BERNARD versuchte es zuerst, die Wurzeln des Beinerven dadurch von dem centralen Nervensysteme zu trennen, dass er den äusseren Ast desselben mit der Pincette fasste und mit einem kräftigen Zuge ausriss. Man kann dieses Verfahren auch auf den Antlitznerven, den Zungenschlundkopfnerven, der herumschweifenden Nerven und den Zungenfleischnerven mit Erfolg anwenden. Die **Ausreissung der beiden Beinerven** hebt nicht bloss den Einfluss des centralen Nervensystemes auf den Kopfnicker und den Kappenmuskel auf, sondern erzeugt auch noch andere um so ausgedehntere Wirkungen, je mehr Wurzeln des Beinerven getrennt worden. BERNARD fand schon, dass die Thiere die Stimme verlieren. Es kommt in Kaninchen vor, dass die Ausreissung eines Beinerven heiser und die des zweiten stimmlos macht. Lässt man dann die Athmungscurven durch eine in die Luftröhre eingeführte Röhre aufschreiben, so fallen sie in der Ruhe, wie gewöhnlich aus. Die Drucke steigen beträchtlich bei jeder Anstrengung zum Schreien [1]). Ein Laut wird jedoch hierdurch nicht erzeugt. Da die durch die

[1]) Siehe die Curven Fig. 8 und 9 in meiner Schrift, Die Einflüsse der Vaguslähmung. Frankfurt a/M. 1857. 8.

Ausreissung der beiden Beinerven stimmlos gewordenen Thiere unbestimmte Zeit fortleben, so folgt, dass der Tod, den die doppelte Vagustrennung nach sich zieht, von den auf die Kehlkopfmuskeln wirkenden Fasern der Beinerven nicht herrührt.

§. 868. WALLER und SCHIFF fanden, dass Kaninchen, denen beide Beinerven vollständig ausgerissen worden, keinen Herzstillstand mehr nach der Tetanisation des Halsstammes des herumschweifenden Nerven darbieten, so wie die peripherischen Abschnitte der Beinerven ihre Empfänglichkeit nach einiger Zeit eingebüsst haben. Der Versuch gelingt daher nur, wenn man ihn nicht früher, als ungefähr vier Tage nach dem Ausreissen der Accessorii vornimmt. Wurde nur ein Beinerv abgerissen, so hat auch nur der Vagus derselben Seite sein Vermögen, das Herz zur Ruhe zu bringen, eingebüsst. Schneidet man die beiden Vagi in einem Kaninchen, dessen zwei Accessorii ausgerissen worden, durch, so beschleunigt sich der Herzschlag, wie gewöhnlich. Sind nur die hinteren Wurzeln abgerissen, so erhält man die Wirkung auf das Herz ohne die auf die Kehlkopfmuskeln. Die Zusammenziehungen des Magens und des Darmes scheinen ebenfalls von den Accessorius- und nicht von den Vaguswurzeln abzuhängen.

§. 869. Es kann unter diesen Verhältnissen nicht befremden, dass einseitige Wirkungen nach der theilweisen Lähmung des Vagusstammes oder der weiteren Fortsetzungen seiner Fasern auftreten. Man muss bei der Beurtheilung dieser Zustände festhalten, dass der grösste Theil, wo nicht alle Empfindungsfasern, die meisten Bewegungsfasern des Schlundes und der Speiseröhre und die Gefässnerven in den Wurzeln des herumschweifenden Nerven, die Bewegungsfasern der Kehlkopfmuskeln in den oberen und die des Herzens in den unteren Wurzeln des Beinerven enthalten sind. Wie der Verschluss der Stimmritze bei dem Schlucken und dem Erbrechen noch möglich bleibt, wenn man die beiden unteren Kehlkopfnerven durchschnitten hat, so wiederholt sich das Gleiche nach der Lostrennung selbst der oberen Wurzeln der beiden Beinerven.

§. 870. Die Abschnitte des verlängerten Markes und des Rückenmarkes, welche zwischen der Eintrittsstelle der vordersten Wurzeln des herumschweifenden Nerven bis zu der der hintersten des Beinerven liegen, enthalten die Elemente, deren Thätigkeit die regelrechte für das Schlucken, das Erbrechen und die Athmung nöthige Muskelgruppirung vermittelt. Man hat hier überdiess eigen-

thümliche Einflüsse auf das Herz, die wir jedoch zweckmässiger bei Gelegenheit des sympathischen Nerven betrachten werden.

§. 871. Die Entfernung des grossen und des kleinen Gehirns oder die vollständige Quertheilung des Rückenmarkes in der Mitte des Halstheiles hindert es nicht, dass die peristaltischen Schluckbewegungen des Schlundes und der Speiseröhre zum Vorschein kommen, wenn ein Bissen die Schleimhaut mechanisch reizt. Hat man dagegen das verlängerte Mark und das Halsmark zerstört, so fehlt diese Reflexperistaltik. Dasselbe wiederholt sich nach der Ausreissung beider herumschweifenden Nerven und der Anlegung einer Luftröhrenfistel. Reizt man den einen Halsvagus mit den Schlägen des Magnetelektromotors, so zieht sich die Speiseröhre nicht allmählig von Stelle zu Stelle, sondern der ganzen Länge nach auf ein Mal zusammen, weil dann die Gesammtsumme der Fasern derselben gleichzeitig erregt wird. Die Versuche von Ludwig und Will lehrten, dass der örtliche Fortschritt der Zusammenziehung, wie er die Peristaltik charakterisirt, von den Vagusästen und nicht von den Muskelfasern der Speiseröhre ausgeht. Hat man die Nervenzweige, die zu einer bestimmten Stelle derselben treten, an beiden Seiten durchschnitten, so laufen die Wellen nur bis zu diesem gelähmten Bezirke ab. Es ist anderseits nicht nöthig, dass sich der mechanische Reiz, der die peristaltische Reflexbewegung erzeugt, von Ort zu Ort an der Schleimhaut wiederholt. Hat er nur ein Mal an einem oberen Theile eingegriffen, so kann die Welle bis zur Cardia fortschreiten. Man sieht dieses z. B. am einfachsten an Kaninchen, wenn man den Halstheil der Speiseröhre bloss legt und einen oberen Abschnitt derselben zusammendrückt. Da die Bewegungsfasern des Schlundes und der Speiseröhre in den Vaguswurzeln enthalten sind, so führen diese Thatsachen zu dem Wahrscheinlichkeitsschlusse, dass das verlängerte Mark diejenigen Elemente enthält, durch welche die einzelnen, immer tiefere Stellen beherrschenden Vagusfasern nach und nach angeregt werden. Die Peristaltik entsteht dadurch, dass sich allmählig ein zweiter Bezirk zu verkürzen anfängt, wenn schon wiederum der erste theilweise erschlafft ist und sich noch der dritte in Ruhe befindet. Sie kann nach der Ausreissung eines herumschweifenden Nerven erhalten bleiben.

§. 872. Die Speiseröhre scheint sich der ganzen Länge nach auf ein Mal bei dem Erbrechen zusammenzuziehen. Budge sah aber auch eine antiperistaltische Bewegung in einer Katze auftreten.

Die heftige augenblickliche Erregung, welche in dem verlängerten Marke durchschlägt, um die gleichzeitige Verkürzung des Zwerchfelles und der Bauchmuskeln zu erzeugen (§. 843.), trägt sich wahrscheinlich in der Regel auf die Elemente, welche die Speiseröhre beherrschen mit solcher Schnelligkeit über, dass man annähernd oder genau den gleichen Erfolg hat, als wenn wir alle Vagusfasern in dem Halsstamme künstlich reizen. Diese stürmische Wirkung bedingt es vermuthlich, dass häufig der Abschluss des weichen Gaumens und die hiervon abhängende Trennung der oberen von der unteren Schlundhälfte unvollkommener ausfällt und Bruchstücke der hinaufgeworfenen Nahrungsmittel in die Nasenhöhle durch die Choanen gelangen.

§. 873. Der innere Ast des oberen Kehlkopfnerven bildet den die Reflexbewegungen des Hustens anregenden Empfindungsnerven für den grössten Theil der Kehlkopfschleimhaut. Der untere Kehlkopfzweig übernimmt dieselbe Rolle für einen Theil der Schleimhaut des Kehlkopfes, die der Luftröhre und des Theilungsbezirkes derselben in die beiden Bronchien. Die Lungengeflechte enthalten Empfindungsfasern für die Bronchialverzweigungen. Diese Thatsache und die Lage des Athmungscentrums des verlängerten Markes in der Nachbarschaft der Vaguswurzeln (§. 700.) hat auf den Gedanken geführt, dass die gewöhnliche Athmungsmechanik in Reflexbewegungen besteht, die der herumschweifende Nerv ursprünglich anregt. Da die doppelte Vagustrennung am Halse die Athembewegungen ändert, nicht aber aufhebt und sich die gleiche Erscheinung nach der Ausrottung der Lungen wiederholt, so folgt, dass die Herstellung der Athmungsmechanik überhaupt, der periodische Wechsel irgend einer Art von Ein- und Ausathmung weder von den herumschweifenden Nerven, noch von der Lungenthätigkeit abhängt. Strömt kohlensäurereiches Blut zu dem verlängerten Marke, so werden die Athembewegungen zuerst lebhafter, dann mühsamer und hören zuletzt gänzlich auf, wie schon die gewöhnlichen nach der Unterbindung der Luftröhre auftretenden Erstickungserscheinungen lehren. Thiere können in einem geschlossenen Raume, dessen Luft weniger Sauerstoff als die Atmosphäre enthält, fortleben. Sie sterben nur, weil die eingeathmete Luft zu grosse Mengen von Kohlensäure enthält und daher die Aushauchung der Kohlensäure aus den Lungen nach dem Dalton'schen Gesetze allzusehr beschränkt wird. Der Sauerstoff ist oft bis auf wenige Procente aufgezehrt. Die Versuche, die Traube mit der Einführung künstlicher Gasmischungen in die

Lungen anstellte, zeigen, dass ein reicher Gehalt an Kohlensäure, nicht aber der Mangel oder eine geringe Menge von Sauerstoff Athemnoth herbeiführt. Diese entsteht auch durch andere Bedingungen, die das verlängerte Mark regelwidrig anregen. Der Stillstand seines Blutlaufes erzeugt sie auf das Nachdrücklichste, weil kein Körpertheil auf die rasche Erfrischung des Blutes so sehr angewiesen ist, als das verlängerte Mark. Ein zu grosser Sauerstoffgehalt der Athemluft schwächt und beseitigt endlich die Athembewegungen nach ROSENTHAL gänzlich.

§. 874. Man würde irren, wenn man allen Einfluss des herumschweifenden Nerven auf die Athmungsmechanik läugnen wollte. Die Thatsache, dass die Athembeschwerden, welche die doppelte Vagustrennung erzeugt, durch die Anlegung einer Luftröhrenfistel nicht vollständig beseitigt werden, lehrt schon, dass diese nicht bloss von der Lähmung der Kehlkopfmuskeln herrühren. Der Mangel der Athmungsnoth nach der Ausreissung beider Beinerven bei völliger Stimmlosigkeit bestätigt das Gleiche. Der Vagusstamm enthält also noch andere Elemente, deren Einfluss nicht die periodische Athmungsmechanik überhaupt, sondern nur die Art von Thätigkeit derselben anregt, die wir die gewöhnliche zu nennen pflegen. Man kann nach den gegenwärtigen Kenntnissen nicht angeben, wie dieses geschieht. Es ist aber vorläufig ein Gedanke möglich, über dessen Werth erst die Zukunft entscheiden wird.

Das Blut tritt hochroth in das verlängerte Mark und wird in den Haargefässen desselben dunkelrother, kohlensäurereicher. Dieses hat die Bewegungen der Einathmung zur Folge. Die bis zu einem gewissen Grade fortgeschrittene Oxydation des Blutes in den Lungen wirkt nachdrücklich auf die Enden der Vagusfasern. Die starke zum verlängerten Marke fortgepflanzte Erregung beendigt die Einathmung und führt die Inspirations- in die Exspirationsstellung, wie in den künstlichen Versuchen über (§. 864.). Die doppelte Vagustrennung oder ein zu grosser Kohlensäuregehalt des Lungenblutes vergrössern daher die Dauer und die Stärke der Einathmung, die jetzt bis zur augenblicklichen Erschöpfung der Ganglienkugeln der Athmungscentra anhält. Eine zu grosse Menge von Sauerstoff kann den entgegengesetzten Erfolg nach sich ziehen. Die hierbei gemachte Voraussetzung, dass die Kohlensäure die Ganglienkugeln der Athmungscentra, der Sauerstoff dagegen die Nervenenden des Vagus stärker errege, kann sich auf keine Erfahrungen stützen. Sie liegt jedoch nicht ausserhalb der Grenzen der Möglichkeit.

§. 875. Wir haben schon §. §. 673. und 700. gesehen, dass die Seitenstränge des obersten Theiles des Rückenmarkes und das verlängerte Mark die Athemmuskeln beherrschen. Die Erregung der Athmungscentra theilt sich zunächst ihnen mit. Es hängt von der Grösse dieser Uebertragung ab, welche Summe von Athemmuskeln sich bei einer Athmungsart betheiligt und mit welcher Kraftgrösse jeder Muskel wirkt. Die eigenthümlichen gewöhnlichen Athmungsarten und die Einathmungsbewegungen des Schluchzens oder des Gähnens, die Ausathmungscombinationen des Hustens oder des Niesens entstehen auf diese Weise. Man hat bis jetzt die Einzelnheiten dieser Erregungsmechanik nicht erforscht. Die doppelte Vaguslähmung oberhalb der Abgangsstellen der beiden oberen Kehlkopfnerven beseitigt das Husten nach Reizungen der Athmungsschleimhaut und die Unthätigkeit des dreigetheilten Nerven einer Seite das durch die entsprechende Nasenschleimhaut bedingte Niesen, weil dann die anregenden Empfindungsbahnen dieser Reflexbewegungen nicht mehr wirken.

§. 876. Die Wurzelfäden des Zungenfleischnerven (N. hypoglossus) zeigen einige Empfindlichkeit, sei es, dass sie eine geringe Menge von Empfindungsfasern von vorn herein führen oder dieselben nach SCHIFF von dem ersten Halsnerven erhalten. Der grösste Theil der Fasern jenes Nerven dagegen beherrscht die Muskeln der Zunge (Hyoglossus, Genioglossus, Styloglossus, Lingualis) und zunächst noch den Zungenbeinschildknorpelmuskel (Hyothyreoideus). Der absteigende Ast des Zungenfleischnerven verzweigt sich auch in dem Brustzungenbeinmuskel (Sternohyoideus) und dem Brustschildknorpelmuskel (Sternothyreoideus) und verbindet sich hierauf mit dem Zwerchfellnerven. Die meisten Fasern desselben stammen aber nicht aus dem Zungenfleischnerven, sondern aus den obersten Halsnerven.

§. 877. Hat man beide Zungenfleischnerven in einem Hunde durchschnitten, so ist die selbstständige Beweglichkeit der Zunge verloren, die Empfindlichkeit und das Geschmacksvermögen derselben dagegen erhalten. Die Trennung eines Hypoglossus lähmt nur die entsprechende Zungenhälfte. Man stösst aber hier auf eine leicht irre führende Erscheinung in operirten Thieren und in Menschen, deren Zunge in Folge eines Schlagflusses oder aus einem andern Grunde halbseitig unbeweglich geworden. Wird die Zunge vorgestreckt, so weicht die Spitze derselben nicht nach der gesunden Seite, wie sich nach der Aehnlichkeit mit dem Antlitznerven erwarten liesse

(§. 774.), sondern nach der kranken ab. Liegt sie ruhig in der Mundhöhle oder wird sie innerhalb derselben zurückgezogen, so hat umgekehrt die gesunde Hälfte das Uebergewicht. Dieses und das Auftreten der Erscheinung nach der Durchschneidung des Zungenfleischnerven ausserhalb der Schädelhöhle[1]) widerlegen die früher häufig vertheidigte Erklärung, nach der sich die Hypoglossusfasern im Gehirn gar nicht oder zwei Mal kreuzen sollten. Die angeführten Erfahrungen lehren ebenfalls, dass nicht die Lähmung des Zungenbeinzungenmuskels (Hyoglossus) und das hierdurch bedingte einseitige Herabsinken des Zungenbeines die Ursache bildet. SCHIFF leitet sie von dem Uebergewichte des gesunden Kinnzungenbeinmuskels (Genioglossus) her, der die Zungenspitze nach der entgegengesetzten Seite führt, wenn er die Zunge zur Mundhöhle herausschiebt.

§. 878. Die graue Masse des verlängerten Markes, in die sich die Fortsetzungen der Fasern des Zungenfleischnerven einsenken und die daher STILLING den Hypoglossuskern nennt, leitet die Zungenbewegungen. Da nur ein Theil der Hemiplegischen an Lähmung der entsprechenden Zungenhälfte leidet, so hat man ein ähnliches Verhältniss für den Zungenfleischnerven, wie für den inneren oder den äusseren Augenmuskelnerven und den Antlitznerven. Die Ursache dieses Wechsels der Lähmungserscheinungen lässt sich meist hier eben so wenig, als für die anderen genannten Hirnnerven angeben.

c) Sympathischer Nerv.

§. 879. Die Annahme, dass der sympathische Nerv ein selbstständiges, von dem Gehirn und dem Rückenmarke unabhängiges Nervensystem bildet, nimmt in dem Gebiete der Nervenlehre dieselbe Stellung ein, wie die Urzeugung in dem der Entwickelungsgeschichte. Beide theilen daher auch das Loos, immer mehr zurückgedrängt zu werden, je weiter die Erkenntniss fortschreitet. Man weiss schon gegenwärtig, dass eine grosse Menge von Markfasern aus dem Gehirne und dem Rückenmarke durch die Wurzeln der Hirn- und der Rückenmarksnerven zu den Verbindungsästen und dem Grenzstrange des sympathischen Nerven übertritt, die Knoten desselben durchsetzt und in den Zweigen ausstrahlt. Der Ursprung

---

[1]) Ein Fall, in dem das Gleiche bei dem Menschen wiederkehrte, findet sich bei GÜNSBURG, Die pathologische Gewebelehre. Bd. II. Leipzig 1848. 8. S. 97. 98.

besonderer Markfasern in den peripherischen Ganglien wird immer zweifelhafter, je allgemeiner man sich überzeugt, dass die scheinbar unipolaren Ganglienkugeln bipolare oder multipolare sind, deren Fortsätze bis auf einen bei der Präparation abgerissen wurden (§. 86.). Ist die Gesammtsumme der Querschnitte der den Grenzstrang verlassenden Aeste grösser, als die der eintretenden, so kann dieses von einer doppelten Ursache herrühren, von der nicht selten vorkommenden Theilung der Markfasern und dem Hinzutritte der Scheidenfortsätze der Ganglienkugeln (§. 85.). Dieser und der folgende Abschnitt werden uns eine Reihe von Thatsachen vorführen, die es nicht bezweifeln lassen, dass viele Empfindungsfasern zu dem centralen Nervensysteme durch den sympathischen Nerven gehen, und jenes wiederum zahlreiche Bewegungsfasern den einfachen Muskelmassen der Eingeweide und einer grossen Menge von Blutgefässen und Absonderungswerkzeugen durch dieselbe Bahn mittheilt. Die bis jetzt bekannten Thatsachen weisen nicht nur den Gedanken zurück, dass der sympathische Nerv von dem centralen Nervensysteme unabhängig sei, sondern auch die Vorstellung, dass er die Absonderungs- und die Ernährungserscheinungen ausschliesslich leite. Wir werden sehen, dass viele Gefässnerven und eine Reihe von Drüsennerven die verschiedensten Cerebrospinalnerven in ihrem Verlaufe durchsetzen.

§. 880. Die grosse Zahl der Ursprünge unterscheidet den Sympathicus von den übrigen Nerven. Er bezieht seine Markfasern aus den hinteren und den vorderen Wurzeln aller Rückenmarksnerven und einer gewissen Summe von Hirnnerven. Jede der Rückenmarksfasern begibt sich zu dem sympathischen Grenzstrange in dem ihr entsprechenden Verbindungszweige (R. communicans). Einzelne der von den Hirnnerven (N. N. oculomotorius, trigeminus, abducens) stammenden Fasern verlaufen in dem die Hirnschlagader begleitenden Zweige (R. caroticus) nach abwärts. Die meisten aber begeben sich erst zu den Aesten des sympathischen Nerven jenseit des Grenzstranges desselben. Die mikroskopische Untersuchung kleinerer durchsichtiger Ganglien des Grenzstranges lehrt, dass sich ein Theil der eingetretenen Fasern nach oben und ein anderer nach unten begibt. Mögen sie aber, in welcher dieser beiden Richtungen sie wollen, ausstrahlen, so macht sich immer das Fortschrittsgesetz, wie physiologische Versuche lehren, geltend. Die peripherischen Enden der Sympathicusäste, mithin auch die von ihnen beherrschten Theile liegen nicht in gleicher Querebene oder Höhe

mit den Austrittsstellen der entsprechenden Wurzelfasern aus dem Gehirn und dem Rückenmarke, sondern höher oder tiefer. Der Unterschied kann ein Dritttheil bis die Hälfte der Körperlänge betragen. Dieses Fortschrittsgesetz bedingt es, dass einzelne Theile des Grenzstranges auf entfernte Körperorgane wirken, und daher der unterste Hals- und der oberste Brustknoten Gebilde des Kopfes und der Brusttheil einzelne der in dem Unterleibe enthaltenen Eingeweide beherrscht.

§. 881. Der sympathische Nerv entspricht unter diesen Verhältnissen einem Aggregate der verschiedensten Hirn- und Rückenmarksfasern, in deren Verlaufe sich zahlreiche Ganglienkugeln einschalten. Die Scheidenfortsätze der letzteren oder die Remak'schen Fasern kommen als neue Elemente hinzu. Man findet nicht selten, dass sich der Einfluss verhältnissmässig dünner Bestandtheile des sympathischen Nerven auf eine auffallend grosse Zahl von Theilen erstreckt. Finden sich auch viele sehr dünne Markfasern in dem Sympathicus, so reicht doch dieser Umstand nicht hin, jene eigenthümliche Erscheinung zu erklären. Die fernere Theilung der Fasern und die Einschaltung neuer Ganglienmassen kann daher wahrscheinlich den Einfluss einer Ursprungsfaser bedeutend vergrössern. Das Nähere lässt sich aber nach unseren gegenwärtigen Kenntnissen noch nicht angeben.

§. 882. Die Verbindung mit den beiden Wurzeln der Rückenmarksnerven deutet an, dass der sympathische Nerv Empfindungs- und Bewegungsfasern enthält. Die Erfahrung bestätigt diesen Schluss. Sie weist aber zugleich noch manche hierbei auftretende Eigenthümlichkeit nach.

Legt man den Grenzstrang in einem lebenden Säugethiere bloss, so führt die Verletzung der Verbindungszweige desselben mit den Rückenmarksnerven zu eben so lebhaften Schmerzenszeichen, als die eines anderen Empfindungsnerven. Der Grenzstrang und die aus ihm stammenden Aeste dagegen sind weniger oder fast ganz unempfindlich. Man findet desshalb manche leicht erklärliche Unterschiede. Die Trennung des Halstheiles des Grenzstranges ruft häufig nicht die geringste Gegenbewegung des Thieres hervor. Die Ausrottung des obersten Halsknotens dagegen erzeugt Schmerz, weil die Verbindungszweige mit den Halsnerven getroffen werden. Der Carotische Ast erscheint häufig unempfindlich. Eine grosse Menge seiner Fasern verläuft, wie wir sehen werden, von unten nach oben, hat also schon vorher mindestens den obersten Halsknoten durchsetzt.

Man kann im Allgemeinen behaupten, dass eine dem Sympathicus zugewiesene Markfaser um so leichter Schmerz unter regelrechten Verhältnissen bedingt, je weniger sie dem Einflusse der Ganglienmassen ausgesetzt worden. Die Verbindungszweige mit den Rückenmarksnerven besitzen daher die grösste, der Grenzstrang eine geringere und die peripherischen Aeste verhältnissmässig die schwächste Empfindlichkeit. Es kann dabei vorkommen, dass ein Zweig, der jenseit einer grösseren Zahl von Ganglien liegt, unter sonst gleichen Verhältnissen empfindlicher zu sein scheint, als ein anderer, der weniger Nervenknoten hinter sich hat. Die bald zu erwähnende Aenderung der Empfindlichkeitsgrösse durch die Nebenverhältnisse oder der mit freiem Auge nie zu bemessende Einfluss des Baues der Nervenknoten führt zu dieser Ausnahme. Man darf erwarten, dass die Ganglienkugeln einen bedeutenderen Einfluss auf die umspinnenden als auf die durchsetzenden Nervenfasern ausüben. Ist dieses richtig, so wird sich die Fähigkeit, Schmerzenseindrücke zu vermitteln, für die zweite Faserklasse länger, als für die erste erhalten.

§. 883. Aeste, an denen schwächere Erregungen unbemerkt vorübergehen, können stärkere mit Schmerz beantworten. Der Wechsel der Ernährungszustände führt zu einem ähnlichen Unterschiede. Hat man einen Verbreitungsbezirk des sympathischen Nerven in einem lebenden Thiere blossgelegt, so wird oft dieselbe Reizgrösse, die im Anfange unbeantwortet blieb, einige Zeit darauf mit Schmerz erwiedert. Man sieht bisweilen keine äussere Veränderung des Nerven und des Ganglion oder bemerkt nur, dass sich indessen die Blutgefässe stärker gefüllt haben. Es entspricht zum Theil diesen Thatsachen, dass wir dasjenige, was in unserem Herzen und in unseren Unterleibseingeweiden vorgeht, unter regelrechten Verhältnissen nicht empfinden, die Entzündung jener Organe dagegen die nachdrücklichsten Schmerzen erzeugt. Da das Herz zahlreiche Zweige von dem herumschweifenden Nerven und nicht bloss von dem sympathischen enthält, so folgt, dass sich die Empfindlichkeit der Hirnnervenfasern durch die spätere Einschaltung von Ganglienkugeln für die gewöhnlichen Erregungen gänzlich verlieren kann.

§. 884. Man wird sich diese Thatsachen durch die Annahme erklären, dass die ungleichartige Masse der auf dem Wege liegenden Ganglienkugeln einen grösseren Widerstand dem Durchtritte der Reizung entgegensetzt (§. 291.). Die Anwesenheit der Ganglien an den hinteren Rückenmarkswurzeln führt aber schon zu der Ver-

muthung, dass diese Eigenschaft nicht allen Ganglienkugeln zukommt. Die Fasern des oberen Kehlkopfnerven haben den Drosselknoten des herumschweifenden Nerven ebenso gut durchsetzt, als die Schlund- und die Magenäste desselben. Der erstere ruft aber sogleich die heftigsten Hustenbewegungen hervor, wenn ein fremder Körper die Kehlkopfschleimhaut berührt. Die gewöhnlichen Erregungen der Schlundschleimhaut führen zu Schluck- und ungewohnte zu Brechbewegungen. Beide Arten von Zweigen antworten pünktlich auf Empfindungsreize, während die Magenäste in der Regel gar keine und ausnahmsweise dumpfe Eindrücke z. B. nach dem Genusse des Eises oder sehr heisser Körper vermitteln. Obgleich die Blase und der Mastdarm Rückenmarksfasern empfangen, die nicht immer vorher durch zahlreiche Ganglienbildungen des sympathischen Nerven durchgegangen sind, so fallen doch auch hier die bewussten Empfindungen unter regelrechten Verhältnissen stumpfer, als in benachbarten Aesten aus, die nur dem Einflusse der Ganglienbildung der hinteren Rückenmarkswurzeln ausgesetzt sind. Reizt man den Zwerchfellnerven in einem lebenden Thiere, so erhält man deutliche Schmerzenszeichen. Eine besondere Empfindlichkeit des Zwerchfelles lässt sich aber in dem gesunden unversehrten Organismus nicht nachweisen. Man muss überhaupt bedenken, dass uns in der Ruhe viele Eindrücke, die wir unter ungewöhnlichen Verhältnissen wahrnehmen, gänzlich entgehen.

§. 885. Da manche scheinbar reine Empfindungsnerven Drüsenäste enthalten, so könnte es nicht befremden, wenn auch Bewegungsfasern, die in dem sympathischen Nervensysteme verlaufen, aus den hinteren Wurzeln der Rückenmarksnerven stammten (§. 577.). Die bis jetzt vorliegenden Erfahrungen lehren aber, dass der grösste Theil, wo nicht alle Bewegungsfasern, die der Sympathicus dem mit quergestreiften Muskelfasern versehenen Herzen und den zahlreichen mit einfachen Fasern versehenen Gebilden, wie der Regenbogenhaut, den Lungen, den Unterleibseingeweiden und vielen Gefässen ertheilt, die vorderen Wurzeln der Rückenmarksnerven durchsetzen. Die Betrachtung der Gefässnerven wird uns zeigen, dass manche von diesen in empfindenden Wurzelgebilden einzelner Hirnnerven enthalten sind.

§. 886. Die Reizung der von dem Sympathicus versorgten Eingeweide kann Reflexbewegungen der rothen freien Körpermuskeln zur Folge haben. Die der Gliedmaassen des Frosches treten häufig auf, wenn man die Lungen, den Magen, den Darm oder die Eier-

stöcke drückt. Selbst die Misshandlung des Herzens zieht bisweilen diesen Erfolg nach sich. Die Säugethiere liefern ähnliche Ergebnisse. Die Trägheit der Bewegungen des Magens und des Darmes der Frösche ist die Hauptursache, wesshalb hier der umgekehrte Versuch seltener gelingt. Man findet jedoch in glücklichen Fällen, dass sich eine bestimmte Stelle des Magens und des Darmes örtlich verkürzt oder in Wurmbewegungen verfällt, nachdem man eine der Zehen kräftig zusammengedrückt hat. Man darf daher erwarten, dass auch im Menschen Anregungen der Eingeweidenerven Reflexbewegungen in den rothen Muskeln und solche der Haut reflectorische Wirkungen in den Eingeweiden hervorrufen können.

§. 887. Viele Rückenmarksfasern gehen durch den Halstheil des sympathischen Nerven in die Höhe. Die Durchschneidung dieses Nervenstammes wirkt daher auf die Regenbogenhaut und die Blutgefässe des Kopfes. Sie kann aus diesem Grunde die Absonderungen, die Ernährungserscheinungen und die Wärmeverhältnisse der entsprechenden Theile ändern. Da die letzteren in den nächstfolgenden Abschnitt dieses Werkes gehören, so müssen wir hier nur die Einflüsse betrachten, welche die Trennung des Halstheiles des sympathischen Nerven auf die Regenbogenhaut und die Stellung des Auges und hin- und wieder auf die anderen Theile des Kopfes ausübt. Man pflegt die Versuche an Kaninchen anzustellen. Die Hunde verdienen jedoch in allen die Regenbogenhaut betreffenden Fragen den Vorzug, weil ihre Pupille unzweifelhaftere Ergebnisse, als die der Kaninchen liefert.

§. 888. Hat man den gemeinschaftlichen Halsstamm des herumschweifenden und des sympathischen Nerven im Hunde durchschnitten, so findet man bald darauf, dass das Sehloch des entsprechenden Auges kleiner, als das des anderen erscheint. Die Zusammenziehung beginnt eine kurze, aber merkliche Zeit nach der Nervenverletzung und erreicht erst allmählig ihre grösste Höhe. Der Unterschied der Durchmesser der beiden Pupillen pflegt später bei einem mittleren Grade der Lichtstärke am meisten aufzufallen. Die Ursache liegt darin, dass die kranke Regenbogenhaut ihre Reflexbeweglichkeit nicht verloren hat. Das Sehloch erweitert sich im Dunkeln, obgleich etwas weniger, als das des gesunden Auges. Es verengert sich bei heller Beleuchtung über seinen bleibenden Zustand hinaus. Seine Grösse kann dann von der Pupille des gesunden Auges weniger abweichen, als bei mässiger Beleuchtung. Da der Halsstamm des herumschweifenden und der des sympathischen Nerven im Kaninchen

getrennt verlaufen, so wird man sich hier zuvörderst überzeugen, dass die Einflüsse auf die Pupille nicht von dem Vagus, sondern von dem Sympathicus herrühren. Die Pupillenverengerung und die oben erwähnten von der Lichtstärke abhängigen Aenderungen wiederholen sich auch in diesem Thiere. Die trägere Wirkung der Regenbogenhaut vereitelt aber manchen Versuch. Findet keine Wiedererzeugung Statt, so bleibt die Pupille Jahre lang verengt. Sie ist auch im Menschen als anhaltendes Lähmungszeichen vorgekommen [1]).

§. 889. Remak [2]) glaubt bemerkt zu haben, dass die Sympathicustrennung an einer Seite auch auf das Sehloch der anderen wirkt. Während helles Licht die Pupille der Katze in eine enge Spalte verwandelt, gelingt dieses nicht mehr, so wie der Sympathicus der entgegengesetzten Seite durchschnitten worden.

§. 890. Reizt man das obere Ende des getrennten Halssympathicus mit den Schlägen des Magnetelektromotors oder auch nur in nachdrücklicher Weise mechanisch, so erweitert sich das Sehloch. Budge [3]) fand in Vergleichsversuchen, dass der Sympathicus des Kaninchens schwächere Wechselströme für seine Wirkung auf die Regenbogenhaut fordert, als der Vagus für den völligen Stillstand des Herzens, kräftigere dagegen, als die Armnerven für die Zusammenziehung der ihnen entsprechenden Muskeln. Man pflegt zu sagen, dass der sympathische Nerv den Erweiterer (Dilatator pupillae) und der gemeinschaftliche Augenmuskelnerv den Schliesser des Sehloches (Sphincter pupillae) beherrscht. Mehrere Gründe sprechen gegen diese Ausdrucksweise. Die mikroskopische Untersuchung lehrt, dass die Verflechtung der Muskelbündel der Regenbogenhaut keine scharfe Sonderung eines Verengerers und eines Erweiterers des Sehloches gestattet. Da sich die Pupille im Dunkeln erweitern kann, wenn auch der sympathische Nerv durchschnitten worden, so fehlt jedenfalls nicht die Fähigkeit der Pupillenvergrösserung. Sie hat nur abgenommen, weil jetzt der gemeinschaftliche Augenmuskelnerv allein mit Nachdruck eingreift. Man wird daher die Erscheinungen naturgetreuer ausdrücken, wenn man sagt, dass die Fasern des gemeinschaftlichen Augenmuskelnerven die Pupille verengen, die des Sympathicus dieselbe erweitern, die Möglichkeit der Durchmesser-

---

1) De functionibus nervorum p. 113.

2) Remak, Galvanotherapie der Nerven- und der Muskelkrankheiten. Berlin 1858. 8. S. 51. 52.

3) J. Budge, Ueber die Bewegung der Iris. Braunschweig 1855. 8. S. 90. 91.

vergrösserung überhaupt aber mit der Unthätigkeit des Halsstammes des sympathischen Nerven nicht aufgehoben ist.

§. 891. Bleibt auch die Pupille nach der Sympathicustrennung anhaltend verkleinert, so ändert sich doch ihr Durchmesser nach dem Abzapfen der wässrigen Feuchtigkeit. Es kam mir vor, dass hier eine künstliche Pupille die Form einer Spalte annahm, während sie in der gesunden Regenbogenhaut rund blieb.

§. 892. Die Ausrottung des obersten Halsknotens wirkt in Kaninchen auf die Regenbogenhaut nachdrücklicher, als die blosse Trennung des dünnen Halstheiles des sympathischen Nerven, weil noch neue Irisfasern in jenen Knoten von dem Rückenmarke aus eintreten. Hat man nur die längs der Halsschlagader emporsteigenden Zweige durchschnitten oder unterbunden, so erhält man dieselben Aenderungen des Sehloches. Dieses erscheint oft in beiden Fällen in Kaninchen nicht vollkommen rund, sondern länglich und nach unten zu schmaler. Der Gasser'sche Knoten, der jene sympathischen Zweige theilweise aufnimmt, wirkt ebenfalls auf die Regenbogenhaut. Die zu dem Auge emporsteigenden sympathischen Fasern können möglicherweise dreierlei Bahnen im Menschen verfolgen, die durch die obere, die durch die untere Wurzel des Augenknotens und die durch den Gasser'schen Knoten, den Augenast des dreigetheilten Nerven, den Nasenblendungszweig, die lange Wurzel des Augenknotens oder vielleicht unmittelbar die durch die langen Blendungsnerven. Da die von dem Oculomotorius stammenden Irisnerven in der kurzen Wurzel zu dem Augenknoten treten, so folgt, dass die Lähmung von diesem oder der aus ihm stammenden kurzen Blendungsnerven gemischte Lähmungen der Regenbogenhaut erzeugen wird.

§. 893. Hat man den Halstheil des sympathischen Nerven durchschnitten, so erweitert sich immer noch die Pupille des entsprechenden Auges, nachdem man eine Atropinlösung in den Bindehautsack getropft oder eine Belladonnavergiftung auf irgend eine Weise eingeleitet hat. Die Zunahme des Durchmessers des Sehloches ist nur in dem Auge der kranken Seite geringer, als in dem der gesunden. Diese Ergebnisse ändern sich nicht, wenn die getrennten Markfasern des Sympathicus entarten (§. 92.). Die gleichzeitige Trennung des Halsstammes des sympathischen Nerven und des gemeinschaftlichen Augenmuskelnerven und nach Budge[1])

---

[1]) Budge, a. a. O. S. 182.

die aller Blendungsnerven beseitigt nicht die Wirkung der Belladonna auf die Regenbogenhaut. Es war daher nicht richtig, wenn man annahm, dass dieses Gift die Irisfasern des Stammes des Oculomotorius lähmt, die des Sympathicus reizt oder beide Wirkungen zugleich ausübt. Die oben erwähnten Erfahrungen lehren vielmehr, dass es, wenn es von dem Bindehautsacke aus oder durch das Blut zur Regenbogenhaut gelangt, auf diese örtlich wirkt. Die Thatsache, dass es keinen Einfluss auf die quergestreiften Muskelmassen der Iris der Vögel ausübt, lässt schliessen, dass die Beschaffenheit der Muskelfasern in dieser Hinsicht entscheidend eingreift. Es stimmt mit der Annahme einer örtlichen Wirkung des Atropins, dass es noch das Sehloch von Amaurotischen oder von Menschen mit Lähmungen des gemeinschaftlichen Augenmuskelnerven oder der meisten in der Augenhöhle enthaltenen Nerven erweitern kann.

§. 894. Der Augapfel von Säugethieren, deren Halssympathicus durchschnitten worden, scheint tiefer als das gesunde Auge zu liegen. Die Nickhaut ist zugleich eine Strecke weit, besonders in Hunden, vorgezogen. PETIT glaubte noch eine gewisse Mattheit des Auges und eine flachere Form der Hornhaut bemerkt zu haben. Die Augenlidspalte erscheint häufig verengt. Stellte HANNOVER den Versuch in neugeborenen, noch blinden Katzen an, so öffneten sich die Augenlider der kranken Seite später. Es fand sich Abmagerung ein und die Zähne brachen langsamer durch. Das Nasenloch und die Mundöffnung sollen nach BERNARD an der gesunden Seite schmaler als an der kranken erscheinen. Galvanisirt man den oberen Abschnitt des Halssympathicus, so erhält man die entgegengesetzten Erfolge, wie nach der Durchschneidung des Stammes. Der Augapfel tritt stärker als der gesunde hervor. Die Nickhaut zieht sich zurück. H. MÜLLER fand noch in Katzen, dass sich die Haare einer beschränkten Stelle der Kopfhaut neben dem vorderen und oberen Rande der Ohrmuschel aufrichteten.

§. 895. Da die geraden Augenmuskeln den Augapfel in die Augenhöhle zurückzuziehen, die schiefen dagegen ihn nach vorn zu führen suchen, so stellte man sich vor, dass die Trennung des Sympathicus die letztgenannten Augenmuskeln schwäche, die Reizung desselben dagegen deren Kräfte erhöhe. H. MÜLLER leitet die Erscheinung, welche die galvanische Reizung des Halssympathicus hervorruft, von den mannichfachen einfachen, von ihm beschriebenen Muskelmassen her. Diejenige, welche die untere Augenhöhlenspalte bedeckt und die musculös elastische Orbitalhaut bildet, würde den

Augapfel vorschieben, die Fasern der Nickhaut diese zurückziehen, die in den Augenlidern enthaltenen einfachen Fasern die natürliche Grösse der Augenlidspalte wiederum herstellen und die Haarbalgmuskeln die Haare aufrichten. Man kann den Gedanken, dass der Halssympathicus nur auf einfache Muskelfasern wirkt, dadurch stützen, dass sich bis jetzt kein Einfluss des in dem Canale der Querfortsätze der Halswirbel verlaufenden Halssympathicus der Vögel auf die mit quergestreiften Fasern versehene Regenbogenhaut nachweisen liess [1]). Die Erscheinungen, welche der Trennung der Nerven nachfolgen, würden dann zu der Annahme führen, dass eine fortwährende tonische Verkürzung der Orbitalhaut und der Muskelfasern der Nickhaut, und eine anhaltende Erschlaffung der einfachen Muskelfasern der Augenlider und der Haarbalgmuskeln vorhanden sind.

§. 896. Versuche, die ich an Kaninchen und Hunden anstellte [2]), führten mich zu dem Schlusse, dass die den Halssympathicus durchsetzenden Irisnerven aus dem Rückenmarke stammen, dass die wichtigsten Fasern aus dem obersten Theile desselben kommen und durch den oberen Halsknoten gehen, dass aber auch noch eine zweite untere Quelle der Bewegungsfasern der Regenbogenhaut vorhanden ist. Die Unsicherheit der Ergebnisse, welche die Kaninchen liefern, verleitete mich nur noch zu der Ansicht, dass auch der herumschweifende Nerv dieses Thieres Bewegungsfasern der Regenbogenhaut enthält. BUDGE entdeckte später die Wirkungen der unteren Ciliospinalgegend (Regio cilio-spinalis), oder des unteren Centralwerkzeuges aller Einflüsse, die der Halstheil des sympathischen Nerven auf die verschiedenen Gebilde des Kopfes ausübt. Jener Bezirk fängt hinter oder unter der Abgangsstelle des sechsten Halsnerven an und hört vor oder über der des dritten Brustnerven auf [3]). Die Bewegungsfasern gehen von hier durch die vorderen Nervenwurzeln nach dem obersten Brust- und dem untersten Halsknoten, welche beiden Ganglien oft mit einander verschmolzen sind und aus ihnen in den Halsstamm des sympathischen Nerven. Hat man die hinteren Nervenwurzeln durchschnitten, so wirkt der peripherische Theil nicht auf die Regenbogenhaut. Der centrale dagegen kann eine Aenderung des Pupillendurchmessers auf dem Wege des Reflexes herbeiführen.

---

1) BUDGE, a. a. O. S. 91. 92.
2) De functionibus nervorum p. 111. §. 256.
3) BUDGE, a. a. O. S. 113.

§. 897. Das obere kräftigere Centralwerkzeug der Irisfasern (Regio cilio-spinalis superior) liegt in dem untersten Abschnitte des verlängerten Markes und dem obersten des Rückenmarkes, vor oder über der Abgangsstelle des zweiten Halsnerven bis ungefähr zur Mitte der Rautengrube. Ich schloss aus meinen an Kaninchen angestellten Versuchen, dass die Bewegungsfasern desselben durch die Verbindungszweige des obersten Halsknotens mit den ersten Halsnerven zu diesem verlaufen. BUDGE[1]) dagegen nahm an, dass sie in einem Verbindungsfaden, den der Zungenfleischnerv (Hypoglossus) zu jenem Knoten sendet, enthalten sind. Der Stamm des Hypoglossus scheint keinen Einfluss auf die Pupille auszuüben.

§. 898. Der obere und der untere Halsknoten des sympathischen Nerven nehmen immer Fasern aus den Rückenmarksnerven auf. Es wechselt dagegen mit der Verschiedenheit der Thiere und im Menschen selbst mit der der Individuen, ob ein mittlerer Halsknoten vorhanden ist und welche Summe von Rückenmarksfasern in diesen und in die dünnen Theile des Halssympathicus eintreten. Der Unterschied kann auch wahrscheinlich entscheiden, ob das obere und das untere Centralwerkzeug der Regenbogenhaut durch ein längeres oder ein kürzeres wirkungsloseres Rückenmarksstück getrennt sind oder nicht. Wir haben §. 745. gesehen, dass die Vierhügel gekreuzte Wirkungen auf den gemeinschaftlichen Augenmuskelnerven und die Pupille ausüben. Dieses wiederholt sich nicht für die Centralwerkzeuge der Sympathicusfasern in dem Rückenmarke und dem hinteren Abschnitte des verlängerten Markes.

§. 899. Betäubt man einen Menschen mit Chloroform, so verengt sich nach WESTPHAL das Sehloch. Jeder Nadelstich, der die Haut trifft, erzeugt eine Erweiterung, der eine Verengerung nachfolgt. Man hat also hier einen Reflex durch die Centralwerkzeuge der Irisnerven.

§. 900. Das Herz, dessen Bewegungserscheinungen nicht bloss der Hals- und der Brusttheil, sondern auch der Bauchtheil des sympathischen Nerven zu ändern vermag, lieferte die Hauptgründe für die Annahme eines selbstständigen sympathischen Nervensystemes oder der Selbstständigkeit der Ganglien. Der periodische Wechsel von Zusammenziehung und Erschlaffung und das Fortklopfen des ausgeschnittenen Herzens sollten ein automatisches in dem

---

[1]) BUDGE, a. a. O. S. 128. 129.

Herzen selbst liegendes gangliöses Centralwerkzeug fordern. Einzelne Forscher, die den herumschweifenden Nerven als den Hemmungsnerven (§. 829.) und daher als das regulatorische Nervensystem des Herzens ansahen, läugneten zugleich jeden Einfluss des sympathischen Nerven auf die Herzbewegung und die unmittelbare Abhängigkeit derselben von dem centralen Nervensysteme. Andere nannten den auf das Herz wirkenden Abschnitt des Sympathicus das excitirende Nervensystem, weil sie die Beschleunigung des Herzschlages seinem Einflusse zuschrieben.

§. 901. Periodische Bewegungen können unter den verschiedensten Verhältnissen unabhängig von allen Ganglien auftreten. Man findet nicht selten, dass sich das Zwerchfell eines frisch getödteten Säugethieres, nachdem es schon eine Zeit lang geruht hat, abwechselnd zusammenzieht und erschlafft, die beiden Zwerchfellnerven mögen unversehrt oder bis nahe an ihre Einsenkung in die Muskelmasse entfernt sein. Die Zwischenrippenmuskeln eines ausgeschnittenen Stückes der Brustwand oder selbst die Muskeln der Gliedmaassen können das Gleiche zeigen. Dasselbe wiederholt sich für das Lähmungszittern (§. 629.), das man nach der Trennung der verschiedensten Nerven, wie des Zungenfleischnerven oder des Hüftnerven bemerkt. Bedient man sich schwacher Vergrösserungen, so sieht man, dass sich bisweilen das ausgeschnittene hintere Lymphherz eines Frosches eine Reihe von Malen selbstständig zusammenzieht. Seine Bewegungen hängen aber im Wesentlichen von dem Rückenmarke ab. Ganglien kommen abgesehen von den Spinalknoten der hinteren Wurzeln an den Nervenzweigen, die sich später zu ihm begeben, nur an einer einzigen Stelle nach WALDEYER vor. Der Wechsel von Systole und Diastole der Herzthätigkeit fordert daher nicht nothwendigerweise die Einwirkung der Ganglienkugeln.

§. 902. Die Anhäufung dieser Gebilde an den verschiedensten in dem Innern des Herzens verlaufenden Nervenzweigen hat natürlich ihre wesentliche Bedeutung für die Herzthätigkeit. Unsere Kenntnisse reichen aber noch nicht hin, sich irgend eine genügende Vorstellung in dieser Hinsicht zu bilden. BIDDER und ROSENBERGER vermutheten, dass die in der Vorhofsscheidewand befindliche, an der Verbindungsstelle der beiden Vaguszweige vorkommende Ganglienmasse das automatische, eine andere dagegen, die in der Nähe der Atrioventricularklappen im Bereiche des obersten Theiles der Kammer des Frosches liegt, das reflectorische Centralwerkzeug der Herzbewegungen bildet. Es ist richtig, dass die von

den Vorhöfen losgeschnittene Kammer häufig ruht. Sie bewegt sich aber auch noch bisweilen einige Zeit in dem Frosche und vorzugsweise in den Säugethieren, obwohl weniger lange als ohne jene Eingriffe. Die Automatie und die Periodicität der Wirkung ist also ohne den anhaltenden Einfluss der Ganglienkugeln des Vorhofes möglich. Der von dem oberen Kammertheil getrennte Spitzenabschnitt liefert nur ausnahmsweise einige automatische Schläge. Reizt man aber die Innenhaut mechanisch, so erhält man eine oder mehrere Zusammenziehungen in glücklichen, aber freilich nicht häufigen Fällen. Eine scheinbare Reflexwirkung kann also ohne die Thätigkeit des angenommenen reflectorischen Centrums zu Stande kommen.

§. 903. Die Unterbindung der einzelnen Abschnitte des Herzens, wie sie seit STANNIUS häufig geübt wurde, bestätigt nicht nur das Gleiche, sondern lehrt überdiess, dass ein starker örtlicher Eingriff das ganze Herz oder ein grösseres Stück desselben für längere Zeit betäuben kann. Ein solcher Eingriff bringt häufig die Gesammtmasse oder einzelne Abschnitte des Herzens für eine Reihe von Stunden zur Ruhe. Alle Theile fangen aber oft später von Neuem zu schlagen an. Man darf daher nicht Ergebnisse, die man kurz nach der Unterbindung erhalten hat, zu allgemeinen Schlüssen benutzen.

§. 904. Man kann die Fortdauer des Herzschlages nach dem Tode als eine Reizbarkeitserscheinung unter einem gewissen Gesichtspunkte auffassen. Die meisten Körpermuskeln ruhen im Leben und ziehen sich nur bei einzelnen Veranlassungen zusammen. Dasselbe wiederholt sich in dem reizbaren Leichname. Das Herz bewegt sich in dem lebenden, wie dem todten Geschöpfe, so lange seine Kräfte fortdauern. Es kommt auch an den Athemmuskeln verhältnissmässig am häufigsten vor, dass ausgeschnittene Bruchstücke derselben sich eine Zeit lang periodisch bewegen. Nur dauert die Thätigkeit des Herzens weit länger und unter günstigen Verhältnissen Tage lang. Seine Bewegung hält bald länger und bald kürzer als die Empfänglichkeit der Muskeln an.

§. 905. Der Einfluss der Nerven und der Ganglien des Herzens scheint die Stärke und die Dauer der Herzbewegungen zu begünstigen. Das unversehrte Herz schlägt im Allgemeinen länger als das ausgeschnittene und dieses länger, als die einzelnen gesonderten Stücke desselben. Jene Nervengebilde leiten möglicherweise neue

Erregungen der schon an und für sich automatischen Muskelthätigkeit zu oder theilen ihnen eine gewisse Kraftsumme mit, die sie zur Zusammenziehung für eine entsprechende Zeit befähigt. Die Anhänger der automatischen Centren im Herzen könnten durch die zweite Annahme zu erklären suchen, wesshalb die Herztheile nur eine beschränkte Zeit nach der Entfernung der Ganglienmassen fortschlagen.

§. 906. Dem sei wie ihm wolle, so zeigt sich unzweifelhaft, dass die Innenfläche des Herzens empfindlicher, als die Aussenseite desselben ist. Man kann auf diese Opiumtinctur ohne Nachtheil für den Herzschlag wirken lassen. Sie hemmt ihn aber oft, wenn sie die Innenfläche berührt. Mechanische Reize, die von dem durchströmenden Blute, von Blutgerinnseln und selbst von bewegten kleinen Luftmassen ausgehen, regen nicht selten die Herzthätigkeit an. ROSENTHAL fand, dass manche Körper nur bestimmte Bezirke des Herzens reizen, so Salzsäure das des Sinus beraubte Herz, concentrirte Kochsalzlösung dagegen den Querschnitt der Kammer. Eine übermässige Ausdehnung durch Luft oder selbst durch Blut greift lähmend ein. Die mikroskopische Untersuchung lehrt, dass Schlingen von Nervenprimitivfasern dicht an dem Endocardium verlaufen. Dieses scheint anzudeuten, dass eine unbekannte, von innen ausgehende Wirkung die grössere Empfänglichkeit der Innenfläche erzeugt.

§. 907. Wir haben früher gesehen, dass die Wiederherstellung des Blutdurchganges durch die Muskelmasse des ausgeschnittenen Säugethierherzens die Bewegungen desselben von neuem hervorzurufen, oder wenn sie noch vorhanden sind, häufiger und kräftiger machen kann. Die Belebung und die Unterhaltung des Herzschlages mittelst der künstlichen Athmung beruhen auf derselben Grundbedingung. Die Wiederherstellung der nach der Aortenunterbindung aufgehobenen Muskelreizbarkeit der Gliedmaassen durch den Zufluss neuen Blutes bildet ein Seitenstück dieser Erscheinungen. Das Fortschlagen des ausgeschnittenen Herzens aber beweist wiederum, dass der Blutlauf der Muskelmasse ein Begünstigungsmittel, jedoch keine wesentliche Grundbedingung der Herzthätigkeit bildet. Das zuströmende Blut belebt wahrscheinlich die Nerven und die Muskelfasern, indem es ihnen den durch die Thätigkeit bedingten Verlust ersetzt und die von ihr erzeugten Zerlegungsproducte entfernt (§. 379.). HYRTL fand, dass die Herzmasse vieler geschwänzter und schwanzloser Batrachier keine Blutgefässe enthält. Das die Herzhöhlen

durchsetzende Blut müsste daher jene Wirkungsart in diesem Falle übernehmen.

§. 908. Man findet nicht selten in Säugethieren und Vögeln, dass das Herz zu schlagen anfängt, wenn man die Brusthöhle ein bis zwei und ein halb Tage nach dem Tode öffnet. Der Fall, der VESAL zu seiner unglücklichen Wallfahrt nach Jerusalem angeblich nöthigte, und der, welchen PARÉ [1]) erzählt, beziehen sich wahrscheinlich auf ähnliche Erscheinungen im Menschen. Das Herz des Thieres ruht bisweilen in dem ersten Augenblicke und fängt erst später zu schlagen an. Man hat dann diejenige auch an dem ausgeschnittenen Herzen vorkommende Empfänglichkeitsstufe, die zur selbstständigen Bewegung nicht mehr hinreicht, sie aber unter dem verstärkenden Einflusse eines äusseren Reizes einleiten und alsdann fortsetzen kann.

§. 909. Mehrere Nebenbedingungen machen viele Versuche, die man über die Beziehung der Erregung des sympathischen Nerven zur Herzthätigkeit in dem frisch getödteten Thiere anstellt, resultatlos oder zweifelhaft. Das ruhende Herz beginnt häufig seine Schläge ohne nachweisbare Veranlassung. Ein zufälliges Zusammentreffen mit einer Nervenreizung kann daher zu Täuschungen führen. Der Darm zeigt die Eigenthümlichkeit, dass man an ihm Perioden stärkerer und schwächerer Reizempfänglichkeit bemerkt. Etwas Aehnliches wiederholt sich wahrscheinlich am Herzen. Da sich aber der Unterschied durch kein bis jetzt bekanntes Merkmal verräth, so darf es nicht befremden, wenn dieselbe Erregung ein erstes Mal fruchtlos und ein zweites Mal erfolgreich ausfällt. Nur ausgedehnte Versuchsreihen können unter diesen Verhältnissen eine Ueberzeugung feststellen. Sie lehren, dass man die Bewegung des ganzen Herzens oder der seit längerer Zeit ruhenden Kammern durch die Reizung des in der Regel verschmolzenen unteren Hals- und obersten Brustknotens oder des zweiten Brustknotens des sympathischen Nerven verhältnissmässig am leichtesten hervorzurufen vermag. Die Versuche, die man an dem dünneren Halstheile anstellt, gelingen schwerer, fallen aber dessenungeachtet oft genug überzeugend aus. Es kann dabei in Kaninchen vorkommen, dass die galvanische Erregung der Nerven die Ruhe der Theile beseitigt oder die schon bestehenden Zusammenziehungen derselben häufiger und kräftiger macht, wenn

[1]) Siehe M. B. LESSING, Handbuch der Geschichte der Medicin. Bd. I. Berlin 1838. 8. S. 505.

die gleiche Reizung der Masse der Vorhöfe erfolglos bleibt. Die vorderen Wurzeln der Rückenmarksnerven bilden wiederum die Bahnen, welche die Bewegungseinflüsse des centralen Nervensystemes dem Herzen zuführen.

§. 910. Hat man den Halssympathicus eines lebenden Kaninchens getrennt, so führt bisweilen die Erregung des peripherischen Abschnittes desselben mittelst der Schläge des Magnetelektromotors zu häufigeren, kräftigeren und hin und wieder unregelmässigeren Herzschlägen. Alle diese Erfolge oder ein Theil derselben bleiben nicht selten aus. BEZOLD [1]) nimmt zur Erklärung des Unterschiedes an, dass die Beschleunigung der Herzschläge nur dann durchgreift, wenn nicht die Zahl derselben bis zu einer ungewöhnlichen Grösse in dem Augenblicke des Versuches aus einer anderen Ursache angewachsen ist. Die Wirkung des sympathischen Nerven tritt merklich später, als die Erregung ein und überdauert sie ebenfalls um eine gewisse Zeitgrösse.

§. 911. Steht die zur Tetanisation des Halstheiles des Sympathicus gebrauchte Stromstärke in einem gewissen, noch nicht genauer angebbaren Verhältnisse zu dem Empfänglichkeitsgrade des Nerven, so erhält man eine Verlangsamung statt der Beschleunigung des Herzschlages. Die Pulsfrequenz nimmt bisweilen nach der ersten Reizung ab und in Folge der späteren Erregungen zu. Eine kurze Ruhepause oder eine oder mehrere langsamere Kammerzusammenziehungen kann sich zwischen einer Anzahl beschleunigter Herzschläge einschalten.

§. 912. BUDGE und DONDERS [2]) hatten schon im Frosche gesehen, dass man die Zahl der Herzschläge durch die Erregung des hinteren Bauchtheiles des sympathischen Nerven vermehren könne. Der Erstere brachte das ruhende Herz in jungen Hunden in Bewegung, wenn er die Gegend des Sonnengeflechtes elektrisch reizte. BEZOLD [3]) verfolgte die hierher gehörenden Erscheinungen in Kaninchen ausführlicher. Jede Art von Reizung des Brust- oder des Bauchtheiles des Grenzstranges kann hiernach die Zahl der Herzschläge und den arteriellen Blutdruck beträchtlich vergrössern.

---

[1]) A. v. BEZOLD, Untersuchungen über die Innervation des Herzens. Leipzig 1863. 8. S. 135.

[2]) Siehe z. B. J. BUDGE, Lehrbuch der speciellen Physiologie des Menschen. Achte Auflage. Leipzig 1861. 8. S. 331. 332.

[3]) BEZOLD, a. a. O. S. 247—255.

Durchschneidet man den Grenzstrang, so hört die Wirkung für die hinter der Trennungsstelle gelegenen Abschnitte auf. Sie erhält sich dagegen für die vorderen.

§. 913. Das Fortschrittsgesetz (§. 880.) bewährt sich für die zu dem Herzen gehenden Nerven in ausgedehntester Weise. Das verlängerte Mark entlässt eine gewisse Summe der zu dem Herzen verlaufenden Fasern durch den herumschweifenden Nerven. Andere Fasern treten in den Verbindungszweigen, die den Grenzstrang mit den Rückenmarksnerven vereinigen, aus. Die oberen, welche die Halsnerven durchsetzen, steigen herab. Die unteren, durch die tieferen Brust- und die Lendennerven verlaufenden Bündel gehen zu dem entfernt gelegenen Herzen empor. Da dieses mit Nervenfasern versehen wird, die in dem hintersten und untersten Theile des Kopfes und in der ganzen Länge des Halses, der Brust und des Lendentheiles der Bauchhöhle verlaufen, so können örtliche Leiden der mannichfachen in jenen Körperbezirken liegenden Theile auf die Thätigkeit des Herzens zurückwirken.

§. 914. Setzt man den herumschweifenden und des sympathischen Nerven dem Einflusse von Wechselströmen des Magnetelektromotors gleichzeitig aus, so sucht im Allgemeinen jener die Herzbewegungen zu verlangsamen und dieser dieselben zu beschleunigen. Die Abnahme der Pulsfrequenz zeigt sich als Endergebniss häufiger, als die Beschleunigung. Da der Halsstamm des Vagus dicker als der des Sympathicus ist, so liefert er einen geringeren elektrischen Leitungswiderstand für die gleiche Länge. Wir haben schon §. 910. gesehen, dass auch der sympathische Nerv die Bewegungen unter gewissen noch nicht näher bekannten Bedingungen verlangsamen kann. Genauere Versuche werden lehren müssen, ob die verzögernde Wirkung des Vagus noch, wie es den Anschein hat, aus anderen Gründen, als dem angeführten der beschleunigenden des Sympathicus gegenüber begünstigt wird.

§. 915. Heftige Erschütterungen des ganzen Körpers, der Brust allein oder einzelner Theile des centralen Nervensystemes, vorzugsweise des verlängerten Markes und des Rückenmarkes führen zum Stillstande des Herzens. Dieses kann sich früher oder später erholen und dann seine Schläge regelmässig oder unregelmässig fortsetzen. Wir haben schon §. 833. gesehen, dass man das Gleiche nach Bernstein mittelst der Reizung des unter dem Herzen liegenden Theiles des sympathischen Nerven bis zur Abgangsstelle des die Gekrösschlagader begleitenden Zweiges, also wahrscheinlich durch

Reflex auf das verlängerte Mark zu erzeugen vermag. Die Zwischenbahnen sind die Verbindungszweige des sympathischen Nerven mit den Rückenmarksnerven und das Rückenmark selbst. Nervöse Personen spüren bisweilen deutlich, dass ihr Herzschlag plötzlich für eine kurze Zeit aussetzt. Sie leiden an Athmungsnoth, so wie dieser Zustand eine etwas längere Zeit fortdauert.

§. 916. Die Beziehungen der Vaguswurzeln zu dem verlängerten Marke lassen erwarten, dass die Erregung dieses Abschnittes des centralen Nervensystemes durch Wechselströme die gleichen Erfolge, wie die der Halsstämme des herumschweifenden Nerven nach sich zieht. Die Erfahrung bestätigt diesen Schluss. Man kann einer hemmenden und einer erregenden Wirkung begegnen. Jene verräth sich durch Stillstand oder Verlangsamung und diese nicht bloss durch Beschleunigung, sondern auch durch die Belebung der ruhenden Theile. Behandelte ich z. B. das verlängerte Mark eines erstickten Kaninchens mit den Schlägen des Magnetelektromotors, so standen die Kammern still, während die Vorhöfe langsam fortschlugen. Wiederholte ich die Erregung einige Zeit darauf, so ergab sich das Gleiche in dem ersten Augenblicke. Die Kammern fingen aber nach wenigen Secunden langsam zu klopfen an. Ein Schlag derselben kam auf sechs bis sieben Vorkammerverkürzungen. Wiederholte man den Versuch nach einiger Zeit, so wechselten die Schläge der Vorhöfe und der Kammern ab. Die gleiche Erregung rief in der Folge Beschleunigung des Herzschlages hervor. Die untere und die seitliche Fläche des verlängerten Markes ist für solche Ansprachen empfänglicher, als die obere.

§. 917. Legallois hatte schon dem Rückenmarke einen bedeutenden Einfluss auf das Herz und die Blutbewegung zugeschrieben und Wilson Philipp [1]) und Budge [2]) eine Vermehrung der Zahl der Herzschläge nach der Reizung desselben bemerkt. Ich fand später [3]), dass die elektrische Erregung des Halstheiles des Rückenmarkes im Gegensatze zu der des verlängerten Markes keine Verzögerung, sondern eine Beschleunigung der vorhandenen oder eine Erweckung der ruhenden Herzthätigkeit herbeiführt, dass man das gleiche Ergebniss nach der Trennung der herumschweifenden Nerven von dem verlängerten Marke aus erhalten kann und die

---

¹) Siehe z. B. das Nähere bei Bezold, a. a. O. S. 174—188.

²) Budge, a. a. O. S. 329.

³) Lehrbuch der Physiologie. Zweite Aufl. Bd. II. Abth. 2. S. 465. und S. 692.

Längstheilung desselben die Wirkung der einen Seitenhälfte auf das Herz nicht nothwendigerweise aufhebt. Die Reizung des unteren Brust- und des Lendentheiles des Rückenmarkes lieferten mir keine entscheidenden Ergebnisse. BEZOLD[1]) fand in lebenden Kaninchen, dass auch diese Abschnitte des Rückenmarkes eine starke Beschleunigung des Herzschlages erzeugen können. Er schloss nach seinen Versuchen, dass zwar ein grosser Theil der Bewegungsfasern des Herzens, der von dem verlängerten Marke in das Halsmark hinabsteigt, an diesem austritt und durch die oben erwähnten Sympathicusbahnen zum Herzen gelangt, dass aber noch ein anderer Theil der Fasern das ganze Brust- und Lendenmark durchsetzt, in den Verbindungszweigen aller Brust- und mindestens der vier ersten Lendennerven zu dem Grenzstrange des sympathischen Nerven verläuft und in diesem zum Herzen emporsteigt. Die Quertheilung des Rückenmarkes an einer beliebigen Stelle beseitigt nach BEZOLD die Einflüsse der weiter nach hinten oder unten austretenden Fasern, nicht aber derer, die vor oder über der Trennungsstelle in den Sympathicus übergehen. LUDWIG und THIRY[2]) gelangten zu anderen Folgerungen. Sie konnten eine bedeutende Füllung des linken Herzens, das hierdurch bedingte Emporsteigen des linken Vorhofes, die Verschiebung der Längsfurche der Kammern und die Erhöhung des Blutdruckes in der Halsschlagader von Kaninchen erzeugen, wenn sie die Widerstände in dem arteriellen Systeme durch einen vorübergehenden Verschluss der Bauchaorta und eine einmalige Entleerung der unteren Hohlvene in der Richtung nach dem Herzen vergrösserten. Die Tetanisation des Rückenmarkes lieferte noch die oben erwähnten Wirkungen in dem mit Curare vergifteten Thiere, nachdem die zu dem Herzen gehenden Nerven galvanokaustisch zerstört worden. Die kleinen Schlagadern der Unterleibseingeweide, der Bauch- und der Schenkelhaut waren bis zum Verschwinden ihrer Hohlräume verengt. LUDWIG und THIRY leiten daher die stärkere Füllung des linken Herzens und die Erhöhung des Blutdruckes der Carotis von den grösseren Widerständen in dem Schlagadersysteme, nicht aber von einem Einflusse des centralen Nervensystemes auf die Herznerven her.

---

[1]) BEZOLD, a. a. O. S. 232—246.

[2]) LUDWIG und THIRY, Sitzungsber. d. Wiener Akademie. 1864. S. 32—34. Vgl. auch GOLTZ in Virchow's Arch. Bd. XXIX. S. 38.

§. 918. Wie das verlängerte Mark die Sammelpunkte der Athembewegungen enthält, so wirkt es auch auf die der Fasern des herumschweifenden und des sympathischen Nerven, die das Herz beherrschen. Oeffnete BROWN-SÉQUARD die Brusthöhle von Tauben, so stand das Herz besonders bei bedeutender Kälte der Umgebung still, wenn das Thier langsam und tief einathmete. Die Erscheinung fehlte nach der doppelten Vagustrennung. Diese beschleunigte vielmehr den Herzschlag. BROWN-SÉQUARD betrachtet daher die Verlangsamung als eine Reflexwirkung des verlängerten Markes. Da ein Vagus, ein Sympathicus und eine gesonderte Hälfte des verlängerten Markes auf das Herz in gleicher Weise wirken kann, wie jedes zusammengehörende Paar dieser Gebilde, so lässt sich vermuthen, dass das Centralwerkzeug des Herzschlages eben so gut seitlich paarig, als das der Athembewegungen (§. 700.) ist.

§. 919. Reizt man die Gross- oder die Kleinhirnschenkel oder deren nähere Ausstrahlungen in den Halbkugeln mit den Wechselströmen des Magnetelektromotors in einem frisch getödteten Säugethiere, so belebt sich bisweilen der Herzschlag. Stärkere Erregungen können ihn verlangsamen. Die Versuche missglücken aber häufig, weil sie eine vollständige Uebertragung auf das verlängerte Mark voraussetzen. Der Erfolg fehlt, wenn man dieses von dem grossen und dem kleinen Gehirn getrennt hat. Ein solcher Eingriff hebt nach BEZOLD [1]) die Aenderung des Herzschlages durch Schmerz, Furcht oder Schreck in dem lebenden Thiere auf. Man findet bisweilen, dass die Zerstörung einzelner Hirntheile z. B. des Balkens den Herzschlag der Kaninchen auffallend beschleunigt.

§. 920. Die später zu betrachtende Wirkung der Gifte wird uns zeigen, dass einzelne von ihnen die Nerven der Gliedmaassen oder die der Athemmuskeln früher lähmen, als das Herz, andere dagegen in umgekehrter Reihenfolge wirken. Man bemerkt ähnliche Schwankungen, wenn man das Absterben der Vagus- oder das der Sympathicuseinflüsse auf das Herz in Betracht zieht. Die Reizung des centralen Stückes des durchschnittenen herumschweifenden Nerven kann nach MOLESCHOTT die Zahl der Herzschläge vergrössern und die der Athemzüge verkleinern oder umgekehrt. Alle diese Thatsachen lassen schliessen, dass graue Massen, wahrscheinlich von mikroskopischer Kleinheit, in dem verlängerten Marke nahe bei einander liegen, die sehr verschiedene Eigenschaften

---

[1]) BEZOLD, a. a. O. S. 267—280.

besitzen und daher die sie treffenden schädlichen Wirkungen ungleich beantworten.

§. 921. Die Ansprache des Brust- und selbst schon des unteren Halstheiles, oder die des Bauchstückes des Grenzstranges des sympathischen Nerven kann Bewegungen im Magen, in den dünnen und in den dicken Gedärmen erzeugen. Man erhält die Verkürzung des Dünndarmes am häufigsten und die des Magens verhältnissmässig am seltensten. Beide Abschnitte des Nahrungscanales werden von den Eingeweidenerven (R. R. splanchnicus major und minor) und dem Sonnenknoten (Plexus solaris), der Dickdarm und der Mastdarm von dem Lenden- und dem Heiligbeintheile der zwei Grenzstränge und den zwischen ihnen liegenden Knoten- und Geflechtmassen (Plexus mesentericus superior und inferior, aorticus, hypogastricus) beherrscht. Die weiter nach hinten und unten gelegenen Abschnitte wirken auch im Allgemeinen auf die mehr nach hinten und unten gelegenen Theile. Die erwähnten Nervenmassen können noch Bewegungen der Harnleiter, der Harnblase, der Samenleiter, der Samenblasen, der Gebärmutter, der Fallopischen Röhren und des Mastdarmes hervorrufen. Die Reizung der Verbindungsstränge und die der mit ihnen zusammenhängenden Rückenmarkswurzeln hat dieselben Erfolge. Der Nervenknoten des Lendentheiles des sympathischen Nerven, welcher in der Gegend des fünften Lendenwirbels liegt und Verbindungsfäden von dem dritten und dem vierten Nerven bekommt, wirkt nach BUDGE[1]) vorzugsweise auf die Samenleiter, und nächstdem auf die Harnblase, die Gebärmutter und den Mastdarm.

§. 922. Der grössere und der kleinere Eingeweidenerv (R. R. splanchnici major und minor), die beide empfindlich sind, erzeugen Bewegungen des Dünndarms, wenn sie schwächer, und hemmen sie nach PFLÜGER, wenn sie stärker gereizt werden. Ein einziger Eingeweidenerv kann beiderlei Arten von Wirkungen in grossen Strecken der dünnen Gedärme hervorrufen. Sind die Splanchnici einer Katze durchschnitten worden, so dauern die Darmbewegungen in dem lebenden Thiere nach LUDWIG und HAFFTER ohne merkliche Störung fort.

§. 923. Die Reizung des Sonnengeflechtes (Plexus solaris s. coeliacus) und des oberen Gekrösgeflechtes (Plexus mesentericus superior) führt in der Regel zu Bewegungen des Dünndarmes, seltener zu denen der dicken Gedärme und ausnahmweise zu solchen

---

[1]) BUDGE, a. a. O. S. 787.

des Magens. Hatte BUDGE die beiden Sonnenknoten und die oberen Gekrösknoten in Kaninchen ausgerottet, so wurden die Bewegungen der dicken Gedärme lebhafter. Ihre wasserreicheren und meist breiigten Inhaltsmassen traten daher rascher aus. Während Kaninchen spätestens drei Tage nach jenem Eingriffe sterben, können ihn Hunde nach ECKHARD und ADRIAN unbestimmte Zeit überleben, ohne dass Durchfälle oder Verdauungsstörungen überhaupt nachfolgen. Nur die Bewegungseinflüsse auf Magen und Dünndarm, so wie die Empfindlichkeit jener Nervenknoten bewähren sich auch in diesen Thieren.

§. 924. Die einfachen Muskelfasern der Hülle und des Inneren erzeugen die Runzelung der Oberfläche und die Umfangsabnahme der Milz, wenn die Schläge des Magnetelektromotors durch ihre Masse geleitet werden. Es lässt sich erwarten, dass die Reizung der zu ihr gehenden Nerven die gleichen Veränderungen hervorrufen kann.

§. 925. Die durch Nervenreize bedingten Zusammenziehungen des Mastdarmes der Kaninchen bestehen oft in lebhaften auf- und niedergehenden Stössen mit oder ohne die gewöhnliche Peristaltik. Diese kann selbst feste Kothballen binnen Kurzem fortschieben. Sie geht aber meistentheils nur oberflächlich über dieselben hinweg.

§. 926. Die Wurmbewegungen der Harn- und der Samenleiter, welche die Erregung der §. 921. erwähnten Abschnitte des sympathischen Nerven erzeugt, gehen in der Regel von oben nach unten. Die Richtung der Verkürzungswellen der Gebärmutter und der Fallopischen Röhren wechselt oft in den verschiedenen Thieren. Die Harnblase zieht sich allseitig zusammen und nicht selten so stark, dass der Urin hervortritt. Samenerguss lässt sich durch die Sympathicusreizung ebenfalls erzeugen. Die heftigere Peristaltik des Samenleiters zieht oft eine Stellungsänderung des Hodens nach sich. Man sieht auch Verkürzungen der Röhren des Nebenhodens in glücklichen Fällen.

§. 927. Die Geschlechtswerkzeuge junger Thiere beantworten oft nicht die Nervenreize, welche die älterer in Bewegung setzen. Die Brunst scheint die Empfänglichkeit zu erhöhen. Man kann dagegen auf eine verhältnissmässig stumpfe oder träge Wirkung der Gebärmutter in Kaninchen und Meerschweinchen stossen, die sich ungefähr in der Mitte der Schwangerschaft befinden.

§. 928. BUDGE und ich sahen Bewegungen aller genannten von dem Sympathicus abhängigen Organe nach Reizungen der ver-

schiedensten Theile des centralen Nervensystemes. Der Einfluss reicht im Allgemeinen bis zu dem grossen und dem kleinen Gehirn. Er erstreckt sich durch das Rückenmark und das verlängerte Mark einerseits in das kleine Gehirn durch die Schenkel desselben und anderseits in die Hirnstrahlung, also auch in den Sehhügel und den Streifenhügel durch die Grosshirnschenkel. Da die herumschweifenden Nerven Bewegungen im Magen, den dünnen und den dicken Gedärmen erzeugen können, so verfährt man am besten, wenn man sie ausreisst, ehe man die Versuche an dem frisch getödteten Thiere anstellt. Sie gelingen am besten bei vorsichtigem Gebrauche des Magnetelektromotors. Man kann aber auch die gleichen Ergebnisse durch mechanische Misshandlungen erhalten. Die Bahnen lassen sich durch Trennungen am besten nachweisen, so dass z. B. die Sehhügel nach der Durchschneidung der Grosshirnschenkel, die Halbkugeln des kleinen Gehirns nach der Trennung der Kleinhirnschenkel, die Brücke nach der der Mitte des verlängerten Markes und dieses nach der des oberen Theiles des Rückenmarkes nicht mehr wirken. Da aber die obersten zu den Unterleibseingeweiden verlaufenden Sympathicusfasern schon aus dem unteren Theile des Halsmarkes in die Rückenmarksnerven übergehen, so führen tiefere Trennungen desselben zu keinen bindenden Ergebnissen. Kreuzungswirkungen können auch hier, wie an den Muskeln der Gliedmaassen vorkommen. Man sieht bisweilen, dass die Reizung des rechten Sehhügels Wurmbewegungen des linken Harnleiters oder die der rechten Kleinhirnhemisphäre solche des linken Samenleiters oder der linken Fallopischen Röhre zur Folge hat.

§. 929. Diese Versuche gelingen nicht bloss in dem frisch getödteten, sondern auch in dem lebenden Thiere. Der Arzt hat oft genug Gelegenheit, Erscheinungen zu beobachten, die von den Beziehungen des centralen Nervensystemes zu den Eingeweiden herrühren. Hatte BERNARD das Halsmark eines Kaninchens unterhalb der Abgangsstelle der Wurzeln des Zwerchfellnerven durchschnitten, so erkannte man die lebhafteren Darmbewegungen durch die Bauchdecken hindurch. Diese Erscheinung fehlte dagegen nach der Verletzung der Gegend des vierten Ventrikels.

§. 930. Die vorderen Wurzeln der Rückenmarksnerven bilden die vorzüglichsten, wo nicht die ausschliesslichen Bahnen für die Bewegungseinflüsse und die hinteren die für die Empfindungsreize und die centripetalen Erregungen der hier in Betracht kommenden Sympathicusäste. Misshandlungen der vorderen Wurzeln beweisen

das Erstere und die Folgen der Durchschneidung der hinteren Nervenwurzeln das Letztere. Wie die künstliche Erregung derjenigen Bezirke des Rückenmarkes, in deren Nähe die Nerven eintreten, auf die von diesen versorgten willkürlichen Muskelmassen am nachdrücklichsten wirkt, so lässt sich etwas ähnliches für einzelne Sympathicusabschnitte nachweisen. BUDGE[1]) fand z. B., dass derjenige Theil des Rückenmarkes des Kaninchens, welcher der Gegend des vierten Lendenwirbels entspricht und aus dem der vierte Lendennerv entspringt (Centrum genito-spinale), vorzugsweise die Samenleiter und dann auch die Harnblase und den Mastdarm beherrscht. SPIEGELBERG hob den bevorzugten Einfluss des Lenden- und des Kreuzbeintheiles auf die Gebärmutterbewegungen hervor. Die älteren Beobachtungen von BUDGE und mir und die späteren von BARTLING, NASSE und SPIEGELBERG zeigten aber zugleich, dass das verlängerte Mark und das kleine Gehirn eben so häufig Bewegungen der Samenleiter und der Geschlechtswerkzeuge wecken und jede Stelle des Rückenmarkes diese anregen kann. Jene Begünstigung macht sich nur vorzugsweise im Vergleich mit den benachbarten Rückenmarksstellen geltend.

§. 931. Hatte GÜNTHER die Ruthennerven eines feurigen Hengstes durchschnitten, so füllten sich die Fachgewebe des männlichen Gliedes besonders des hinteren Theiles desselben so sehr mit Blut, dass jenes aus dem Schlauche hervortrat. Es kam aber zu keiner vollständigen Steifung, sondern nur zu jenem Zustande der Blutfülle, den man auch oft genug in Paraplegischen sieht, wenn man den Katheter in die Harnröhre eingeführt oder sonst das Glied berührt hat und der dann nicht selten lange anhält. Da er eine reflectorische Erscheinung in diesem Falle bildet, so folgt, dass noch der untere Theil des Rückenmarkes in solchen Kranken thätig bleibt. Reizt man die in den Plexus hypogastricus eintretenden Zweige des obersten Kreuzbeinnerven eines Hundes, so vergrössert sich nach ECKHARD der Bulbus der Eichel und der durchschnittene Beckentheil des Fachkörpers der Harnröhre entlässt einen mächtigen Blutstrahl. Der Umfang des Bulbus nimmt mit dem Aufhören der Nervenerregung ab. Dieser Versuch lässt sich so oft wiederholen, als die Empfänglichkeit des Nerven anhält.

Man findet bisweilen, dass Enthauptete nicht bloss Samenergiessung, sondern mehr oder minder vollständige Zeichen der Blut-

---

[1]) BUDGE, a. a. O. S. 787.

überfüllung des Gliedes darbieten. Erhängte haben Steifung und Samenentleerung, wenn das Halsmark gezerrt worden, nicht aber wenn diese Nebenwirkung bei der Erstickung mangelte. Der die grössere Füllung der Fachgewebe bedingende Einfluss reicht bis zu dem verlängerten Marke und wahrscheinlich auch dem kleinen Gehirn. Dasselbe gilt von den Bewegungserregungen der Samenleiter und der Samenblasen.

§. 932. BUDGE [1]) fand im Hunde, dass die Bewegungsnerven der Harnblase die Hirnschenkel, die strickförmigen Körper, das verlängerte Mark, die vorderen Rückenmarksstränge und die vorderen Wurzeln des dritten und des vierten, nicht aber des ersten und des zweiten Kreuzbeinnerven durchsetzen. Die hinteren Wurzeln dieser vier Nerven können Reflexbewegungen erzeugen. Der Plexus hypogastricus, dessen Reizung schmerzt, enthält auch Bewegungsfasern für die Harnblase [2]). Die Empfindungsfasern steigen in dem Grenzstrange des Sympathicus mindestens bis zum Zwerchfelle empor [3]).

§. 933. Die Hemmung des Blutlaufes in der Aorta führt häufig zu Wurmbewegungen in dem Darme und der Gebärmutter und bisweilen auch in der Harnblase. Der durch die Vagusreizung erzeugte Stillstand des Herzens kann in ähnlicher Weise wirken. Dieses erklärt die lebhafte Peristaltik, die man in frisch getödteten Kaninchen zu bemerken pflegt. Da sie aber in anderen Säugethieren z. B. der Maus und dem Menschen fast immer fehlt, so sieht man, dass noch andere Bedingungen, als die blosse Hemmung des Blutlaufes, bei dem Auftreten derselben eingreifen. Die Eingeweide lebender Thiere bleiben im Allgemeinen nach der Eröffnung der Unterleibshöhle ruhiger, als die frisch getödteter. Drückt man die Aorta zusammen, so erhält man oft Wurmbewegungen in den Gedärmen, der Harnblase oder der Gebärmutter. Sie bleiben aber häufig aus oder kommen auch unter anderen Bedingungen, als der Hemmung der Blutzufuhr zum Vorschein. LUDWIG und SCHWARZENBERG hoben schon bei Gelegenheit ihrer an Dünndarmfisteln von Hunden angestellten Untersuchungen hervor, dass uns noch ein wesentliches Glied für die Beurtheilung der hier in Betracht kommenden Verhältnisse mangelt. Mögen die Thiere hungern oder nicht, so gibt es immer einzelne Tageszeiten, zu denen die Wurmbewegung des Dünndarmes von

---

[1]) BUDGE in Henle und Pfeufer's Zeitschrift. Dritte Reihe. Bd. XXI. 1864. S. 15.

[2]) BUDGE, in Comptes rendus. Tome LVIII. 1864. p. 531.

[3]) BUDGE, in Henle und Pfeufer's Zeitschrift. Bd. XXI. 1864. S. 186.

selbst eintritt oder leicht erregt wird, und andere, an welchen die Reizung alles ruhig lässt, ohne dass man bis jetzt die Ursache dieses Unterschiedes anzugeben im Stande wäre.

§. 934. Die verborgene Reizung (§. 172.) dauert in der Regel in den quergestreiften Muskelmassen unverhältnissmässig kürzer als in den einfachen. Während jene ungefähr $^1/_{50}$ Secunde in Muskelpräparaten der Frösche beträgt, muss man oft in frisch getödteten Säugethieren eine Anzahl von Secunden nach der Erregung der entsprechenden Abschnitte des peripherischen oder des centralen Nervensystemes warten, bis merkliche Bewegungen des Nahrungscanales, der Harnblase oder der Gebärmutter zum Vorschein kommen. Diese Erscheinung beruht jedoch auf keinem unveränderlichen Gesetze. Hatte ich nur die Bauchdecken von Kaninchen losgelöst, so dass die Unterleibseingeweide durch das Bauchfell durchschimmerten, so folgten die Dünndarmbewegungen der Zerstörung der Grosshirnschenkel oder der Brücke in Ausnahmsfällen eben so rasch nach, als die Zusammenziehungen der quergestreiften Muskelfasern der Reizung eines peripherischen Nerven. Ich sah das Gleiche an dem blossgelegten Harnleiter nach der Erregung des verlängerten Markes. Wie die Peristaltik der dünnen und der dicken Gedärme nach der Einführung von Nahrungsmitteln und vorzüglich nach den durch kaltes Wasser erzeugten Magenbewegungen Gase und andere Körper rasch austreibt, so führt auch bisweilen die längs des Harnleiters hinabgleitende Welle zu Verkürzungen der Harnblase. Man kann diese durch Nervenreizung oder durch die Zusammendrückung einer Stelle des Harnleiters selbst in dem Kaninchen erzeugen.

2. Gefäss- und Drüsennerven.

§. 935. Wie die übrigen organischen Massen, so gehören auch die Gefässwände zu den porösen Körpern. Die sie durchtränkende Flüssigkeit füllt die Lücken, die zwischen ihren festen Geweben übrig bleiben, aus. Die feinsten Poren oder Lückenräume sind so klein, dass man sie nur aus ihren Wirkungen erschliesst, nicht aber unter dem Mikroskope bemerkt. Zwei Hauptbedingungen bestimmen es, welche Arten und welche Mengen von Stoffen die Blutgefässwände von innen nach aussen oder in umgekehrter Richtung durchsetzen, wie sich also die Ausscheidungen, die Stoffaufnahmen des Blutes gestalten.

§. 936. Die erste besteht in der Wechselbeziehung der die Lückenräume ausfüllenden Masse, der Imbibitions- oder der

Durchtränkungsflüssigkeit und des Körpers, der hindurchtreten soll. Hat man nicht den Fall, dass er sie mechanisch verdrängt, so müssen sich beide molecular verbinden. Die Gase können dabei verschluckt oder aufgelöst werden. Die tropfbaren Flüssigkeiten mischen sich so innig, dass man sie nicht mehr im Einzelnen unterscheidet, wenn auch keine chemische Zerlegung stattgefunden hat. Die Ernährungsflüssigkeit besitzt in der Regel eine alkalische Beschaffenheit. Diese reicht aber nicht hin, irgend grössere Mengen von Fetten zu verseifen. Die reichlichen Fettmassen, die wir genossen haben, werden in dem Darme fein vertheilt und die mikroskopischen Tröpfchen schreiten in den Lückenräumen durch Verdrängung der Ernährungsflüssigkeit weiter. Die Umhüllung mit schleimigen oder anderen wasserdurchtränkten Körpern begünstigt den Durchtritt. Die Fettabsonderung lässt den Uebergang nicht so genau verfolgen. Man sieht in der Regel nicht, dass feine Fetttröpfchen durch die Wände der Blutgefässe und der Drüsengänge der Fettdrüse dringen. Die Fettmasse zeigt sich vielmehr erst in dem Hohlraume der Absonderungswerkzeuge.

§. 937. Die Anziehung der festen Wandung des Lückenraumes zu der ihn ausfüllenden Durchtränkungsflüssigkeit bildet das zweite Bedingungsglied der Diffusionserscheinungen. Denkt man sich, die Wirkungssphäre der dichten Begrenzungsmassen erstrecke sich über die ganze Ausdehnung des Lückenraumes und ihre nach drei senkrechten Raumcoordinaten zerlegte Grösse gleiche oder übertreffe die Werthe der in der gleichen Art zerlegten Druck- und Anziehungskräfte, welche die Flüssigkeit aus dem Lückenraume zu verdrängen suchen und sei ihnen entgegengesetzt gerichtet, so können keine Stoffe durchtreten. Die verschiedensten Verhältnisse führen das Entgegengesetzte herbei. Nimmt die Wirkung der Wandanziehung so rasch ab, dass sie nicht die ganze Ausdehnung des Lückenraumes beherrscht, so bleibt in der Mitte ein beweglicherer Theil der Ernährungsflüssigkeit, der sich leichter verdrängen lässt und sich auch möglicher Weise mit anderen Flüssigkeiten eher mischt oder zersetzt, als die durch die Wandanziehung gefesselten peripherischen Lagen. Dieser Fall macht sich für die gewöhnlichen Endosmose- und Exosmoseerscheinungen geltend. Man hat hier vermuthlich immer eine trägere Wand- und eine beweglichere Centralschicht. Der Eintritt eines fremden Körpers in die Durchtränkungsflüssigkeit wird bisweilen noch eine andere Folge nach sich ziehen. Er kann von jener angezogen, von den Porenwänden dagegen abgestossen

werden. Besässe die negative Anziehung eine grössere Wirkungssphäre als die positive zu der noch an der Wand haftenden Schicht von Ernährungsflüssigkeit, so würde diese den Körper nicht aufnehmen. Der centrale Flüssigkeitsfaden verhielte sich dann zu der Wandschicht der Flüssigkeit, als wenn beide sich nicht mischten, wenn selbst diese Eigenschaft ihnen ihrer chemischen Beschaffenheit wegen nicht zukäme.

§. 938. Die Gefässwände besitzen zu kleine Lückenräume unter regelrechten Verhältnissen, als dass mikroskopische Festgebilde, wie Stärkmehlkörner oder Blutkörperchen durchdringen könnten. Der angebliche Eintritt von Quecksilbertropfen in Gefässhöhlen beruht auf Täuschung. Die Zusammenziehung benachbarter Muskelmassen kann kleine Kohlentheile, besonders wenn sie an einer oder an mehreren Stellen spitz sind, durch die Gefässwände zwängen. Die Feinheit der Lücken bildet eine der Hauptursachen der Nothwendigkeit der Verdauungssäfte, welche die Bestandtheile der Nahrungsmittel unmittelbar lösen oder Selbstzersetzungen, die zu demselben Ergebnisse führen, in ihnen einleiten.

§. 939. Wächst der auf den Gefässwänden lastende Blutdruck, so ändert sich auch die Grösse der Lückenräume. Es lässt sich nicht im Allgemeinen behaupten, dass diese in allen ihren Durchmessern weiter werden und Formen annehmen, die den Durchtritt fester mikroskopischer Gebilde, wie der Blutkörperchen gestatten. Die Möglichkeit einer solchen Veränderung ist aber nicht ausgeschlossen. Es können daher blutkörperchenhaltige Ergüsse entstehen, ohne dass die Blutgefässe reissen. Die monatliche Reinigung bietet vielleicht diesen Fall dar. Da ein grösserer Blutandrang zu dem Eierstocke und der Gebärmutter zur Zeit der Regeln bemerkt wird, das entleerte Menstrualblut reichliche Mengen von Blutkörperchen enthält und keine der ausgetretenen Blutmenge entsprechende Zerreissung der Blutgefässe in der dann mächtig geschwollenen und aufgelockerten Gebärmutterschleimhaut bemerkt wird, so liegt es nahe einen unmittelbaren Durchtritt der Blutkörperchen anzunehmen. Die leichte Formveränderung derselben, die sich z. B. an denen des Frosches bei dem Durchgange durch ein sehr enges Blutgefäss verräth, kann hier nachhelfen. Die besonders von Recklinghausen beschriebenen Verkürzungserscheinungen der Schleim- und Eiterkörperchen werden vielleicht auch für den Durchtritt dieser Gebilde von Bedeutung sein.

§. 940. Die Porenvergrösserung, welche der starke Blutdruck erzeugt, vermag noch zweierlei Folgen nach sich zu ziehen. Flüssigkeiten, die überhaupt durchtreten können, begeben sich dann leichter aus dem Blute in die Gewebe als umgekehrt. Die Absonderung wird daher mehr, als die Einsaugung begünstigt, so weit beide nur von den Capillaritätserscheinungen der Lückenräume und nicht von chemischen Verwandtschaften abhängen. Zähflüssige Körper, wie Eiweiss- oder Gummilösungen, die eher zu den mechanischen Gemengen, als zu den wahren Auflösungen gehören, werden bei kleineren Poren zurückgewiesen und bei grösseren durchgelassen.

§. 941. Dieser Gedankengang kann es erläutern, wesshalb der Harn beträchtliche Mengen von Blutkörperchen und von Eiweiss enthält, wenn der Blutdruck in der Nierenschlagader allzusehr wächst oder der Austritt des Blutes aus den Nieren auf Hindernisse stösst; warum reichliche Wassereinspritzungen in das Blut wassersüchtige Ergüsse in den serösen Höhlen oder unter der Haut erzeugen und die Ausrottung der Nieren flüssige Ausscheidungen im Nahrungscanale und Oedeme verschiedener Art, unter anderen auch das des Gehirns und daher Betäubung, Krämpfe und andere Erscheinungen der Urämie nach sich zieht[1]). Man darf aber nicht glauben, dass der durch den Blutkraftmesser bestimmte Mitteldruck des Blutes ein sicheres Maass der hier in Betracht kommenden Porenbeschaffenheit liefert. Man untersucht ihn in den grösseren Gefässen. Die oben erwähnten Erscheinungen hängen aber von der Porosität der kleineren und der kleinsten ab. Der Druck hat bis zu ihnen bedeutend abgenommen, weil die Widerstände der Zwischenwege einen Theil der Druckkraft aufzehrten. Doppelversuche, in denen ein seitlich eingefügtes Manometer den Seitendruck einer möglichst kleinen Schlagader und ein zweites den einer möglichst kleinen Blutader gleichzeitig bestimmte, könnten ungefähr andeuten, welcher Theil der vermehrten Druckkraft der die Haargefässe umfassenden Bahn zu Gute kommt. Besässen auch die lebenden Schlagaderwände eine vollkommene Elasticität innerhalb der hier in Betracht kommenden Druckgrössen, so würden doch die verschiedenen Drucke so ungleiche Porenformen erzeugen, dass schon desswegen das Wachsthum der Menge der durchtretenden Flüssigkeit und der einzelnen Bestandtheile derselben der Druckzunahme nicht proportional wäre. Die Verkürzungs-

[1]) Vgl. H. Munk, Centralblatt der medicinischen Wissenschaften. 1864. S. 248.

erscheinungen der lebenden Gefässwände, die uns später beschäftigen werden, fügen noch neue unberechenbare Einflüsse hinzu.

§. 942. Die Erweiterung der Schlagadern, die von der Verstärkung des Blutdruckes während der Kammerzusammenziehung herrührt und die darauf folgende Verengerung, welche die elastische Rückwirkung der Schlagaderwände herbeiführt, wirken auf die Diffusion der Blutbestandtheile ungleich ein, weil sich durch sie der Druck und die Porosität ändern. Da aber der Flüssigkeitsdurchgang durch die grösseren Schlagaderwände absolut genommen am unbedeutendsten, durch die Haargefässe dagegen am lebhaftesten ist und diese keine stossweise Blutbewegung mehr der Wirkung der vorangegangenen Widerstände halber zeigen, so kann sich der Unterschied von Systole und Diastole des Herzens für die Ausschwitzungen aus den feinsten Gefässen nur in untergeordnetem Maasse geltend machen. Ist ein Theil entzündet oder stockt das Blut in den Haargefässen aus einem anderen Grunde, so treten die Exsudate vorzugsweise aus den kleineren Schlagadern, die zu dem unwegsamen Bezirke führen und deren Wände stärker gedrückt werden. Der Eiweissgehalt dieser Ausschwitzungen erklärt sich aus der Erweiterung der Lückenräume. Der Durchtritt wird hier mit der Kammersystole zunehmen. Die Druckschwankungen, welche die verschiedenen aufeinander folgenden Herzschläge erzeugen und die von Nebeneinflüssen wesentlich abhängen (§. 823.), greifen unter allen Verhältnissen auf das tiefste ein. Man kann nach physiologischen Versuchen und nach Krankheitsbeobachtungen behaupten, dass es keine Seite der Absonderungs- und der Ernährungserscheinungen gibt, die sich nicht in Folge derselben zu ändern vermag, weil sie nicht bloss die Porosität der Wände, sondern auch die Geschwindigkeit des Blutdurchganges durch die Lungen und die Körpertheile wechseln lässt. Die nähere Durchführung dieses Ausspruches gehört nicht hierher, sondern in die physiologische Pathologie der Kreislaufs- und der Ernährungswerkzeuge. Wir müssen dagegen die Einflüsse, die das Nervensystem auf die Gefässwände ausübt, ausführlich betrachten.

§. 943. Zieht sich eine Muskelfaser, die unter einem bestimmten Neigungswinkel zur Längsachse eines Blut- oder eines Lymphgefässes verläuft, zusammen, so kann man sich den Einfluss dieser Veränderung in zwei Wirkungen nach dem Kräfteparallelogramm zerlegt denken, eine senkrecht auf die Längsachse und eine parallel derselben oder eine kreisförmige und eine axiale, wenn man sich

das Rohr cylindrisch denkt. Die kreisförmige gleicht dem Producte der Wirkung und des Sinus des Neigungswinkels, wenn man die Längsachse als den festen Ausgangsschenkel desselben betrachtet und die axiale dem der Wirkung und des Cosinus jenes Winkels. Gehen die Fasern senkrecht auf der Achse dahin, so geben sie die volle Wirkung als kreisförmige, während die axiale Null ist. Die sogenannten Kreisfasern der Blutgefässe, vorzugsweise der Schlagadern, nähern sich diesem Falle, weil sie in Schraubenlinien mit sehr niedrigen Erhebungen verlaufen, ihre axiale Componente also unbedeutend ist. Die kreisförmige hat zur Folge, dass der Querschnitt des Gefässes abnimmt. Der Einfluss der axialen besteht in einer Verkleinerung des Längendurchmessers, so weit es die Nebenverhältnisse gestatten.

§. 944. Die Verengerung eines Gefässrohres bildet in der Regel die Folge der Zusammenziehung und die unter dem Einflusse des Blutdruckes auftretende Erweiterung die der Erschlaffung der Muskelfasern, weil deren Neigungswinkel gegen die Gefässachse grösser als 45° zu sein pflegt, die kreisförmige Componente also vorherrscht. Manche später zu erwähnenden Thatsachen deuten aber auch an, dass eine active Erweiterung oder eine von der Wirkung von Muskelfasern abhängige Querschnittsvergrösserung ebenfalls möglich ist. Man kann die Mechanik derselben nicht mit Sicherheit angeben.

§. 945. Nimmt der Querschnitt eines Blutgefässes ab, so vergrössern sich die durch die Wandflächen erzeugten Reibungs- und Adhäsionshindernisse des Blutlaufes, weil ein hohles enges Rohr eine im Verhältniss zu dem Volumen seiner Höhlung grössere Oberfläche als ein weites hat. Die Verengerung der Gefässe muss also den Blutlauf aus diesem Grunde verzögern. Zeigt die Erfahrung oft genug das Gegentheil, so liegt dieses in anderen Nebengründen. Eine geringere Menge von Blut dringt in einen Seitenast, dessen Querschnitt sich verkleinert hat. Entsteht hierdurch eine grössere Blutanhäufung in dem Hauptstamme, so vermehrt sich auch der Druck. Dieser kann die Erhöhung der Reibungs- und der Adhäsionshindernisse mehr als ausgleichen, weil diese überhaupt in dem gesunden und lebenden Körper geringer sind, als man sich gewöhnlich vorstellt. Man sieht aus diesem Grunde das Blut in den verengerten kleinen Schlagadern rascher fliessen, wenn sich Congestionen einfinden oder sich die Entzündung vorbereitet. Kann sich dagegen die durch die Verengerung der Schlagader zurückgewiesene Blutmenge in den benachbarten Stämmen ohne merkliche Druckzunahme ver-

theilen, so fehlt auch die Geschwindigkeitsvergrösserung in dem verengerten Rohre.

§. 946. Die Erweiterung liefert allerdings eine im Verhältniss zu dem neuen Lumen kleinere Reibungs- und Adhäsionsfläche. Da aber die hierdurch mögliche Erhöhung der Blutgeschwindigkeit bei den geringen Einflüssen der Wandungshindernisse der lebenden Schlagadern klein bleibt, so gleicht sie sich in der Regel durch einen Theil der Verlangsamung, den das Wachsthum des Querschnittes des Flussbettes erzeugt, aus. Das Blut strömt daher schon aus diesem Grunde langsamer in den erweiterten Gefässen. Ein anderer Umstand kann die Schnelligkeit der Bewegung noch mehr herabsetzen. Nimmt ein grösserer erweiterter Bezirk eine bedeutendere Blutmenge rasch auf, so entspannen sich die zuführenden Röhren, so dass der Druck und die Geschwindigkeit abnehmen, bis sich dieses Missverhältniss ausgeglichen hat. Eine rasche Erweiterung kann daher eine Beschleunigung des Blutlaufes im Augenblicke des Einströmens und hierauf eine Verlangsamung erzeugen, die bis zu einer gewissen Grösse nach und nach abnimmt. Das Blut bildet eine Mengung von Blutflüssigkeit und Blutkörperchen. Diese setzen ein grösseres Hinderniss der Fortbewegung, als jene entgegen. Strömt das Blut langsamer, ist also seine Geschwindigkeitshöhe oder die Druckhöhe, die seine Schnelligkeit erzeugt, geringer, so bleiben die Blutkörperchen im Vergleich zu der Blutflüssigkeit zurück. Jene häufen sich in dem Rohre an und füllen auch den mit dem unpassenden Namen der unbeweglichen Schicht bezeichneten Wandbezirk aus. Da sie die Hauptträger des Blutfarbestoffes bilden, so erscheint ein erweitertes Blutgefäss, in dem die Blutkörperchen vorherrschen, röther, als die Erweiterung an und für sich erwarten liesse. Eine solche mit mehr Festgebilden versehene Blutsäule setzt aber grössere Hindernisse der Flüssigkeitsbewegung entgegen. Der Blutlauf verlangsamt sich oder stockt zuletzt gänzlich. Wird dabei das Blut zu dunkel, so nehmen die Theile eine blaue Färbung an. Faserstoffmassen können sich zwischen den ruhenden Blutkörperchen absetzen.

§. 947. Die Entzündung führt die Blutstockung auf diesem Wege herbei. Man würde aber irren, wenn man eine active Erweiterung der Haargefässe als die erste Ursache derselben ansehen wollte. Keine Durchmesserveränderung der Art lässt sich unter dem Mikroskope erkennen, wenn man die Schwimmhaut des Frosches gebrannt oder auf andere Weise gereizt hat. Glaubten frühere

Beobachter eine solche wahrgenommen zu haben, so lag dieses wahrscheinlich darin, dass sie die Ausfüllung der Wandschicht mit Blutkörperchen (§. 946.) nicht berücksichtigten und daher diese scheinbare Querschnittsvergrösserung für eine wirkliche selbstständige ansahen. Eine nachträgliche passive Erweiterung kommt vor, wenn die durch die Stockung erzeugte Druckvergrösserung der benachbarten Schlagadern mehr Blut in die feineren Gefässe drängt. Dieser Umstand bedingt den dem freien Auge auffallenden Gefässreichthum der entzündeten Theile. Wir haben schon §. 941. gesehen, dass die nachfolgenden Ausschwitzungen von ihm ebenfalls herrühren.

§. 948. Der Wechsel der Eigenwärme eines lebenden Theiles geht nicht genau der Geschwindigkeit des Blutlaufes, und daher noch weniger der Aenderung des Querschnittes der Gefässe parallel. Wir werden zwar sehen, dass die Eigenwärme zunehmen kann, wenn die Nerventrennung die Gefässe erweitert hat, und sinken, so wie sich diese wiederum bei der elektrischen Reizung der Gefässnerven verengern. Man würde aber irren, wenn man einen solchen Einfluss in jedem Falle erwartete. Die überschüssige Wärme, die wir als Eigenwärme bezeichnen, entspricht dem Unterschiede der erzeugten und der durch Ableitung, Bindung oder andere Ursachen verloren gegangenen Wärmemengen. Der Hauptgrund der thierischen Wärme, der in dem Körper eingeleitete Verbrennungsprocess hängt von der Beschaffenheit der Gewebe und der Zusammensetzung des Blutes und nicht bloss von der Menge des letzteren, die durch einen Theil in einer gegebenen Zeiteinheit geht, ab. Es kann daher schon desswegen nicht befremden, wenn ein gelähmtes Glied in einem Falle wärmer und in einem anderen kälter, als ein gesundes erscheint. Die Erhöhung der Eigenwärme, welche die Muskelverkürzung erzeugt, dauert noch nach der Zusammenziehung fort. Ein seiner Lähmung wegen ruhendes Glied bleibt daher hinter dem gesunden, das sich zusammengezogen hat, zurück. Eben so führen Krämpfe, wo sie auftreten, zu einer örtlichen dauernden Erhöhung der Eigenwärme. Da sich aber die Beschaffenheit der Muskelmasse und daher auch die Summe der leicht verbrennlichen Bestandtheile und die Wärmecapacität derselben mit dem Ernährungszustande und der vorangegangenen Ermüdungsgrösse ändern, so werden die erzeugten Wärmemengen demgemäss schwanken. Der Wechsel der Ableitungen kann seinerseits neue Veränderungen der übrig bleibenden Eigenwärme herbeiführen.

§. 949. Der Verbrennungsprocess verliert seine grösste Lebhaftigkeit mit dem Stillstande des Kreislaufes, weil dann der Wechsel der einen jeden Gewebtheil durchströmenden Blutmasse aufhört. Da aber noch späterhin das in den Gefässen ruhende Blut dunkler wird, so dauert die Wärmeentwickelung noch eine Zeit lang nach dem Tode fort. Die Erkaltungsgeschwindigkeit der Leiche hängt von diesem Umstande, der specifischen Wärme und der Leitungsfähigkeit der Gewebe, und den gleichen Bedingungen und der Wärme der Nachbartheile, mit denen der todte Körper in Berührung kommt, ab. Die Stockung der Blutbewegung vermindert früher oder später die Wasserverdunstung der Haut und beseitigt auf diese Weise eine Ursache der Abkühlung. Die Doppelhülle schlechter Wärmeleiter, die Horngewebe der Oberhaut, der Nägel und der Haare und das Unterhautfettgewebe verlangsamen die Erkaltung der Innentheile. Man kann daher noch eine Wärme von 20° bis 25° C. 24 Stunden nach dem Tode in dem Magen antreffen.

§. 950. WUNDERLICH[1]) hob besonders hervor, dass die Eigenwärme von Menschen, die an Starrkrampf oder an manchen andern Nervenleiden zu Grunde gehen, in auffallendem Grade vor und nach dem Tode steigt. Ein von der Achselhöhle allseitig umschlossenes Thermometer kann bis 41°,8 C. und selbst 43° unmittelbar vor dem letzten Athemzuge und einige Bruchtheile eines Grades mehr nach dem Tode angeben. Es lag nahe, die Ursache der Erscheinung in der der Muskelzusammenziehung nachfolgenden Erwärmung (§. 376.) zu suchen. LEYDEN, BILLROTH und FICK bestimmten daher auch die Zunahme der Eigenwärme in den Muskeln und in anderen Theilen von Thieren, die in heftige Starrkrämpfe durch elektrische Erregungen versetzt worden. Dieser Umstand scheint jedoch nicht alle hier vorkommenden Einzelfälle erklären zu können. WUNDERLICH fand überdiess bisweilen die Wärme des Mastdarmes um 0°,9 C. höher, als die der Muskeln. Eine krankhafte Blutmischung, die den Verbrennungsprocess oder eine oder mehrere Ursachen des Freiwerdens von Wärme vergrössert, kann die Steigerung vor dem Tode und die oben erwähnte Fortdauer der Wirkung des Blutes die Erhöhung der Eigenwärme nach demselben ebenfalls herbeiführen.

§. 951. Wie es nach den gegenwärtigen Kenntnissen nicht möglich ist, die Selbstständigkeit des sympathischen Nervensystemes zu vertheidigen, so wiederholt sich das Gleiche für die oft aufgestellte

[1]) WUNDERLICH, Archiv der Heilkunde. Bd. V. 1864. S. 225.

Ansicht, dass es die ausschliesslichen Durchgangsbahnen für die Gefässnerven bildet. Man kann den Zusammenhang mit dem Gehirn und dem Rückenmarke und den oft vorkommenden Durchtritt durch sogenannte Cerebrospinalnerven auf mannichfache Art beweisen.

§. 952. Umschnürt man die Aorta, die Milz- oder die Nierenschlagader eines Säugethieres mit einem Faden, so erhält man nicht selten lebhafte Schmerzensäusserungen. Die Thiere pflegen sich ruhiger zu verhalten, wenn man denselben Versuch an der Halsschlagader oder an einer der Schlagadern einer Gliedmaasse anstellt. Die zahlreichen mit Nervenknoten versehenen Geflechte, welche die Unterleibsarterien umspinnen, verrathen eine lebhafte Empfänglichkeit. Selbst die Herznerven der Säugethiere sind für hinreichend starke Erregungen empfindlich. GOLTZ fand, dass das Betupfen des Sinus des Froschherzens mit Essigsäure, seltener das der Vorhöfe und am seltensten das der Kammer Schmerzenszeichen hervorruft. Diese Wirkung hängt hier vorzugsweise von dem herumschweifenden und nicht von dem sympathischen Nerven ab.

§. 953. Die kleineren Schlagadern liefern das günstigste Feld für die Untersuchung der Abhängigkeit der Verkürzungserscheinungen der Gefässe von dem Nervensysteme, weil sie sich verhältnissmässig am leichtesten verengen. ED. WEBER sah dieses, als er die Wechselströme einer Rotationsmaschine auf die in dem Dünndarmgekröse des Frosches verlaufenden Arterien wirken liess. Behandelte PFLÜGER die vorderen Wurzeln der hintersten Rückenmarksnerven des Frosches mit so schwachen Schlägen des Magnetelektromotors, dass keine Starrkrämpfe in den Gliedmaassen auftraten, so strömte das Blut in jenen Schlagaderzweigen des Gekröses zuerst schneller, dann langsamer, hierauf gar nicht und endlich rückwärts. Man sah zugleich, wie der Gefässquerschnitt immer mehr abnahm, so dass bisweilen zuletzt gar keine Blutkörperchen durchtreten konnten. Hat man das Rückenmark von dem verlängerten Marke getrennt und behandelt es gesondert mit den Schlägen des Magnetelektromotors, so verfallen nicht bloss die Körpermuskeln in Starrkrampf, sondern die Schlagadern des Gekröses verengern sich bisweilen in dem Grade, dass ihr Durchmesser nur den fünften Theil des früheren beträgt. Betrachtete LISTER eine bestimmte Schlagader der Schwimmhaut des Frosches mit einem Mikroskope, dessen Ocular mit einem Mikrometer versehen war, so sah er, dass sie sich während der Zerstörung des Rückenmarkes verengerte, mehrere Minuten in diesem

Zustande verharrte, sich allmählig erweiterte, sich aber von neuem verschmälerte, so wie man das Rückenmark abermals reizte. Die völlige Zerstörung desselben kann es bedingen, dass sich die kleinen Schlagadern vollkommen schliessen, sich aber später wiederum ausdehnen. Die Zerstörung des verlängerten Markes oder des Rückenmarkes wirkt nicht bloss auf das Herz, sondern auch auf die Wandungen der Schlag- und der Blutadern des Frosches, so dass sich nach GOLTZ [1]) der Kreislauf z. B. nach grossen Blutverlusten nicht herstellt, wenn er bei der Unversehrtheit des centralen Nervensystemes unter sonst gleichen Verhältnissen fortdauert oder nach einiger Zeit der Stockung wiederkehrt.

§. 954. Man macht ähnliche Erfahrungen an den Gefässen der Säugethiere. Oertliche elektrische Reize führen nach SIMPSON zu Einschnürungen in den Gefässen des Nabelstranges dieser Geschöpfe oder des Menschen. Dasselbe zeigte sich oft an den verschiedensten Schlag- und Blutadern Hingerichteter und frisch getödteter Säugethiere. Die entsprechenden Nerven liefern dasselbe Ergebniss weit seltener an den grösseren, als den kleineren Pulsadern. Die Geflechte der Brust- und der Unterleibshöhle scheinen auch in dieser Hinsicht die verhältnissmässig empfänglichsten zu sein. Ihre Reizung vermag Reflexzusammenziehungen der Gefässe der weichen Hirnhaut hervorzurufen [2]). Die Erregung des Rückenmarkes der Kaninchen kann zu Verengerung und zu vollkommenem Verschlusse der kleineren Schlagadern nach LUDWIG und THIRY führen.

§. 955. SCHIFF bemerkte zuerst, dass das von ihm sogenannte Ohrherz des Kaninchens die selbstständige Verengerung und Erweiterung der kleineren Schlagadern ohne weiteres erkennen lässt. Man hat hier eine oder mehrere emporsteigende Schlagadern, deren Durchmesser sich nach einiger Zeit in hohem Grade ändert. Zeiträume der Verengerung und daher der geringeren Blutfülle und solche der Erweiterung und der stärkeren Röthe folgen auf einander. Ein Druck auf die Gefässgegend, das Ausreissen eines Haares oder das Reiben der Haut reicht hin, eine örtliche Durchmesserveränderung, und wenn die Erregung stark genug ist, eine Erweiterung hervorzurufen, ohne dass eine sichtliche Verengerung vorangeht. Wir werden sehen, dass der sympathische Nerv in den gewöhnlichen

---

[1]) GOLTZ in Virchow's Archiv. Bd. XXIX. 1863. S. 394—432.

[2]) C. E. BROWN-SÉQUARD, Lectures on the Diagnosis and treatement of Paralysis of the lower Extremities. London 1861. 8. p. 24.

und der Ohrnerv (Auricularis cervicalis) in Ausnahmsfällen diese Gefässe beherrscht. Hat man die Ciliospinalgegend des Rückenmarkes oder den untersten Hals- und den obersten Rückentheil desselben oder die hier austretenden Nervenwurzeln zerstört, so ruhen meist jene Schlagadern des Ohres in einem mässigen Grade von Erweiterung. Es kann nach der Nervendurchschneidung vorkommen, dass sie sich an einzelnen Stellen anhaltend verengen und die Orte der Verschmälerung von Zeit zu Zeit wechseln.

§. 956. Die Gefässnerven der Gliedmaassen verlaufen zu einem grossen Theile in Cerebrospinalnerven. Die älteren [1]) und die neueren Versuche von SCHIFF [2]) und die von BEZOLD [3]) stehen dem Bemühen von BERNARD [4]), sie dem sympathischen Nerven zuzuschreiben, in mehrfacher Hinsicht entgegen.

§. 957. Hat man im Hunde den Hüftnerven oder das Lendenkreuzbeingeflecht an einer Seite getrennt, so ist nicht bloss das Hinterbein gelähmt, sondern auch die Schlagadern klopfen stärker. Die Eigenwärme hat zugleich zugenommen. BERNARD vermisste die zuletzt genannten Wirkungen, wenn er die hinteren und die vorderen Wurzeln des vierten bis achten Lendennerven und der drei ersten Kreuzbeinnerven durchschnitten hatte. Sie zeigten sich dagegen nach der Ausreissung des untersten Theiles des Grenzstranges des Sympathicus. Die Empfindung oder die Bewegung des Hinterbeines litten in diesem Falle in keinem merklichen Grade. Diese Angabe würde beweisen, dass die Gefässnerven die Wurzeln der genannten Lenden- und Kreuzbeinnerven in den von BERNARD untersuchten Hunden nicht durchsetzten. Sie liessen aber die Möglichkeit offen, dass das Fortschrittsgesetz des Sympathicus (§. 880.) einen höheren Uebergang aus dem Rückenmarke vermittelte. Die Erfahrungen von SCHIFF stehen hier denen von BERNARD unmittelbar entgegen. Jener fand, dass man immer eine anhaltende Wärmeerhöhung in dem Fusse und dem unteren Dritttheile oder Viertheile des Unterschenkels des Hundes erhält, wenn man die vorderen Wurzeln aller Rückenmarksstämme, die den Hüftnerven zusammensetzen, durch-

---

[1]) M. SCHIFF, Untersuchungen zur Physiologie des Nervensystemes mit Berücksichtigung der Pathologie. I. Frankfurt a/M. 1855. 8. S. 168 fgg.

[2]) SCHIFF, Comptes rendus. Tome LV. 1862. p. 400—403. 425—427. 462—464 und 540—543.

[3]) A. v. BEZOLD, Siebold und Kölliker's Zeitschrift. Bd. IX. 1858. S. 307—364.

[4]) CL. BERNARD, Comptes rendus. Tome LV. 1862. p. 228—236. 305—309 und 381—388.

schnitten hat. Die Trennung der Wurzeln der drei bis fünf letzten Rückennerven erhöht die Wärme des Unterschenkels und des unteren und bisweilen auch des oberen Abschnittes des Oberschenkels und des Fusses, ohne dass desshalb die Bewegungen leiden. Diese Gefässnerven höheren Ursprunges treten erst im Becken zu den anderen im Hüftnerven verlaufenden Fasern hinzu. Sie gehen zu einem grossen Theile durch den Grenzstrang des sympathischen Nerven. Man findet daher auch, dass die Trennung desselben in der hinteren Brust- oder der oberen Lendengegend eine ausgedehnte Wärmeerhöhung in dem Hinterbeine nach sich zieht.

§. 958. Etwas Aehnliches wiederholt sich für das Vorderbein. BERNARD fand die Eigenwärme desselben nicht erhöht, wenn er die drei letzten Hals- und die beiden ersten Rückennerven unmittelbar nach ihrem Austritte aus dem Wirbelcanale durchschnitten hatte. Nur die Lähmung der Empfindung und der Bewegung machte sich geltend. Zerriss er dagegen das erste Brustganglion, so bemerkte er, dass viele Blutadern der Haut des Vorderbeines anschwollen, die Wärme des Gliedes zunahm, die Bewegungsfähigkeit unversehrt blieb, die Empfindlichkeit dagegen erhöht wurde. SCHIFF fand wiederum seinerseits, dass die Trennung der Nervenwurzeln der Vorderbeine nur die Eigenwärme der Pfote und des untersten Theiles des Vorderarmes steigen lässt. Die Gefässe der zwischen den Zehen ausgespannten Haut waren merklich erweitert. Hatte SCHIFF die vorderen Wurzeln des dritten, vierten und fünften Brustnerven in dem Hunde, der Katze oder dem Kaninchen getrennt, so wurden die Brustwand und das ganze Vorderbein wärmer. Man hatte hier wiederum die Wirkung des Fortschrittsgesetzes, des sympathischen Nerven. Die eben erwähnten Rückenmarksfasern der Gefässe durchsetzten die zwei ersten Brust- und zum Theil den untersten Halsknoten. Eine gewisse Menge der Gefässnerven des Vorderbeines ging von hinten nach vorn.

§. 959. Die Trennung der einen Hälfte des Lendenabschnittes des Rückenmarkes erhöht die Wärme des Fusses und des unteren Theiles des Unterschenkels. Liegt der halbe Querschnitt dicht oberhalb der Wurzeln des oberen Lendennerven, so steigt auch die Wärme des Oberschenkels. Die Wärmeerhöhung des Fusses und der unteren Hälfte des Unterschenkels kehrt nach der halben Quertrennung des Rückenmarkes in der Mitte des Brusttheiles wieder. Die Gefässnerven des oberen Bezirkes des Unterschenkels, des Oberschenkels, der Beckengegend und der Bauchwände scheinen sich

nach SCHIFF kurz nach ihrem Eintritte in das Rückenmark seitlich zu kreuzen. Dasselbe wiederholt sich an dem Vorderbeine. Hat man z. B. die eine Hälfte der Mitte des Halsmarkes durchschnitten, so sind die Pfote, der untere Abschnitt des Vorderarmes und die Knöchelgegend des Hinterbeines der verletzten und die oberen Gegenden des Vorder- und des Hinterbeines, so wie die Rumpfhälfte der gesunden Seite die wärmeren. Die halbe Quertrennung des Halsmarkes in der Gegend des ersten Halswirbels oder die des verlängerten Markes vergrössert die Eigenwärme des Kopfes, der Vorder- und der Hinterpfote und der unteren Dritttheile des Vorderarmes und des Unterschenkels der entsprechenden und der Rumpfhälfte und der oberen Theile der beiden Beine der gegenüberliegenden Hälfte. Die Halbtheilung der Brücke endlich führt zu keinem merklichen Wärmeunterschiede der zwei Seitenhälften.

§. 960. Fassen wir alles zusammen, so kommen die Gefässnerven der Gliedmaassen und des Rumpfes aus dem Rückenmarke und dem verlängerten Marke. Ein Theil derselben geht durch den sympathischen Nerven, dem Fortschrittsgesetze entsprechend und zwar so, dass eine gewisse Summe von Fasern, die für die untere Gliedmaasse bestimmt ist, höher aus dem Rückenmarke tritt und durch den Grenzstrang des Sympathicus absteigt, ehe sie sich in die Nervenstämme des Gliedes begibt, eine nachweisbare Menge von Fasern der oberen Gliedmaasse dagegen von unten nach oben emporsteigt. Diese Nerven lassen sich längs des ganzen Rückenmarkes und des verlängerten Markes verfolgen. Die Bahnen der Gefässnerven sind nirgends an die der Bewegungsfasern nothwendigerweise gebunden. Die Lähmungen beider bleiben daher bis zu einem gewissen Grade unabhängig von einander. Varietäten des Verlaufes gehören wahrscheinlich nicht zu den Seltenheiten.

§. 961. Die einzelnen Theile der gelähmten Gliedmaassen der Menschen sind bald wärmer und bald kälter als die gesunden. Dieser Gegensatz kann an den verschiedenen Stellen derselben Extremität immer oder nur zu bestimmten Zeiten vorkommen. Sind nicht bloss die Gefäss-, sondern auch die Empfindungs- und die Bewegungsnerven unthätig, so muss jede Bewegung des entsprechenden gesunden Gegenstückes dasselbe wärmer machen, weil sich nur seine Muskeln zusammenziehen. Hat man eine blosse Lähmung der Gefässnerven, welche die Eigenwärme des Theiles schon in der Ruhe erhöht, so wird sich im Allgemeinen der Unterschied zwischen beiden Gliedern während der Bewegung erhalten. Man findet häufig im Menschen,

dass das gelähmte Glied auffallend kälter und nicht wärmer als das gesunde ist. Ein ganz sicheres Urtheil lässt sich hier nur dann fällen, wenn keine Bewegung des letzteren seit längerer Zeit Statt gefunden hat und daher die durch die Muskelverkürzung erzeugte Wärmezunahme geschwunden ist. Der Durchfluss einer grösseren Blutmenge in der Zeiteinheit oder der längere Aufenthalt einer solchen in den erweiterten Gefässen führt nur dann zu einer Erhöhung der Eigenwärme, wenn die Beschaffenheit des Blutes und der Gewebe den Verbrennungsprocess begünstigt. Man hat eine Abkühlung, wenn das Entgegengesetzte der Fall ist und mehr Wärme abgeleitet, als erzeugt wird. Die Ursache der Wärmeerniedrigung lässt sich im Allgemeinen einsehen. Unsere unvollkommenen chemischen Kenntnisse hindern aber, irgend genügende Einzelnheiten hinzuzufügen. Das gleiche Blut kreist in den verschiedensten Körpertheilen. Die nicht gelähmten Organe bieten die gewöhnlichen Verhältnisse der Eigenwärme unter regelrechten Nebenbedingungen und eine Erhöhung derselben bei rascherem Durchgange oder bei längerem, aber nicht allzu langem Aufenthalte des Blutes in ihnen dar. Die Abkühlung der gelähmten Gliedstücke rührt daher nicht von der ursprünglichen Beschaffenheit des in sie einströmenden Blutes, sondern von den dem Verbrennungsprocesse ungünstigen Bedingungen, die es hier antrifft, her. Diese können in einer zu grossen Langsamkeit des Blutlaufes, einer Aenderung der Porosität der Gefässe, der Beschaffenheit der Gewebe und der Ernährungsflüssigkeit oder der gemeinschaftlichen Wirkung mehrerer dieser Ursachen liegen.

§. 962. Das blaue, livide Aussehen, welches einzelne Hautbezirke der gelähmten Theile nicht selten darbieten, rührt möglicher Weise von einer Erweiterung der Blutadern, einem grösseren Kohlensäuregehalte oder einem Sauerstoffmangel des in den feineren Gefässen eingeschlossenen langsamer fliessenden oder stockenden Blutes oder allen diesen Ursachen zugleich her. Es kann bei der Erhöhung und der Erniedrigung der Wärme vorkommen oder in beiden Fällen mangeln. Man bemerkt es aber meist bei gleichzeitiger Abnahme der Eigenwärme, weil sich die der Zeiteinheit entsprechende Verbrennungsgrösse nicht lange auf der gewöhnlichen Höhe erhalten kann. Eine lebhaftere Röthung der Theile bietet das Entgegengesetzte dar. Die durch sie erzeugte Wärmeerhöhung kann so sehr durchgreifen, dass das kranke Glied lange Zeit wärmer als das gesunde bleibt, wenn es selbst der Einwirkung kalter Körper aus-

;esetzt wird. Die Zunahme der Eigenwärme, welche eine Neuralgie rzeugt hat, kann daher längere Zeit nach dem Anfalle fortdauern.

§. 963. Die Sympathicustrennung am Halse wirkt nicht ıur auf einzelne Bewegungswerkzeuge des Auges (§. 887.), sondern ıuch auf die Blutgefässe des Kopfes. Man verfolgt die Erscheiıungen am leichtesten an dem Ohre, vorzugsweise der Kaninchen. Es kommt jedoch auch in einzelnen Exemplaren dieser Thierart und der Meerschweinchen vor, dass ein grosser Theil jener Gefässnerven nicht durch den Halstheil des Sympathicus, sondern durch die oberen Halsnerven und die Ohräste derselben (Auricularis cervicalis) geht und daher erst die Trennung dieser Nervenstämme mit oder ohne die des sympathischen Nerven die Blutfülle und die Wärmeerhöhung im Ohre erzeugt.

§. 964. Hat man den Halstheil des Sympathicus durchschnitten oder den obersten Halsknoten eines Hundes, einer Katze, eines Kaninchens oder eines winterschlafenden Murmelthieres ausgerottet, so bemerkt man bald, dass sich die kleineren Blutgefässe, vorzugsweise die feineren Schlagadern erweitern. Einzelne Blutadern zeigen bisweilen dieselbe Veränderung. Der raschere Durchfluss und nicht bloss die grössere Anhäufung des Blutes führt zu einer Wärmeerhöhung der kranken Gesichtshälfte, die man durch die Einführung eines Thermometers in den äusseren Gehörgang am leichtesten nachweist. Sie kann sich auch in der Nasenhöhle verrathen. Der Unterschied beträgt im Anfange in Kaninchen 5° bis 6° C. und selbst mehr in den günstigsten Fällen. Er pflegt im Laufe der Zeit abzunehmen, kann sich aber Wochen und Monate lang auf merklicher Höhe erhalten. Stellt man die Untersuchung an Hunden an, so scheint das Ohr der kranken Seite wärmer, als das der gesunden, wenn das Thier ruhig bleibt. Man hat dagegen nach SCHIFF das Umgekehrte, wenn der Hund gelaufen ist.

§. 965. Die Galvanisation des oberen Abschnittes des durchschnittenen sympathischen Nerven beseitigt die Gefässerweiterung und deren Folgen. Die Wärme sinkt daher wiederum an der kranken Kopfhälfte. Die anhaltende künstliche Erregung des Nerven durch die Schläge des Magnetelektromotors kann sogar die entsprechenden Theile blasser und kälter, als die der anderen Seite erscheinen lassen. Man überzeugt sich hier wiederum, dass die untere Cilio-spinalgegend und der oberste bis ungefähr zu dem zweiten bis dritten Halswirbel reichende Theil des Rückenmarkes ähnlich wirken, wie der Halsstrang und der oberste Halsknoten des sym-

pathischen Nerven, dass die Ausrottung oder die Trennung jener Abschnitte des centralen Nervensystemes, die Lähmung der Kreisfasern der kleineren Schlagadern und daher die Erweiterung, die Reizung dagegen die Verengerung derselben zur Folge hat. Die vorderen Wurzeln des entsprechenden Rückenmarksnerven bilden die Austrittsbahnen für diese Gefässnerven. Sie können auch von den hinteren aus reflectorisch erregt werden.

§. 966. Die Schlagadern klopfen nach BERNARD an der verletzten Seite im Hunde stärker. Ihr Blutdruck vergrössert sich. Der Blutstrahl einer durchschnittenen Arterie steigt höher. Die Muskelvenen enthalten nach BERNARD eine Blutmasse von auffallend rother Farbe. LUSSANA und AMBROSOLI dagegen fanden in dem Pferde, dem Hunde und dem Kalbe, dass das Blut in den Kopf- und den Halstheilen der kranken Seite dunkler ist und schneller gerinnt. Alle diese Erscheinungen sind zum grössten Theile die Folgen dessen, was in den kleineren Gefässen vorgeht. Die Querschnittsvergrösserung greift in den feineren Schlagadern am nachdrücklichsten durch. Die Lähmung der Kreisfasern bewirkt zunächst, dass derselbe Werth des Seitendruckes wie früher den Querschnitt der kleinen Arterien vergrössert. Ist diese Veränderung hergestellt, so treten zweierlei Folgen ein, wenn das Flussbett der Haargefässe nicht in gleichem Maasse zunimmt. Nimmt die Erweiterung zu, so strömt weniger Blut zu den kleinen Blutadern aus, als durch die Schlagadern hinzugeführt worden. Der Druck in den grösseren Schlagadern verstärkt sich daher. Dieses und schon die blosse Erweiterung der kleineren Arterien bei Unveränderlichkeit des Flussbettes der Haargefässe kann zur Folge haben, dass das Blut rascher durchgeht. Die Vergrösserung des Blutdruckes bildet aber eine beständigere Erscheinung, als die röthere Farbe des Venenblutes. Es erklärt sich unter diesen Verhältnissen, weshalb die Unterbindung der Blutadern des Ohres die Folgen der Sympathicustrennung nicht nach sich zieht.

§. 967. BERNARD gibt noch an, dass die Empfindlichkeit derjenigen Kopfhälfte, an welcher der sympathische Nerv durchschnitten worden, erhöht sei, und sich bei der Chloroformbetäubung später verliere, die Reflexempfänglichkeit derselben nach dem Tode länger anhalte und die Aufsaugung rascher erfolge. BROWN-SÉQUARD[1])

---

[1]) BROWN-SÉQUARD, Course of Lectures on the Physiology and Pathology of the Central Nervous System. Philadelphia 1860. 8. p. 141.

fügte hinzu, dass das Gesicht und das Gehör verschärft erschienen, der Muskelstrom kräftiger sei, die Reizbarkeit nach dem Tode länger fortdauere und die Todtenstarre und die Fäulniss später eintreten. Man vermisst diese Zeichen in vielen Fällen. Zeigt sich jedoch auch das eine oder das andere, so bildet es wahrscheinlich keine unmittelbare Folge der Nerventrennung, sondern der Ernährungserscheinungen der Gewebe, welche der örtlich veränderte Blutlauf hervorgerufen hat.

§. 968. Die Blutgefässe des Auges leiden verhältnissmässig wenig durch die Sympathicustrennung. Man sieht höchstens, besonders in Hunden, dass sich einzelne Gefässe der Bindehaut erweitern. Der Augenast des dreigetheilten Nerven wirkt in dieser Hinsicht nachdrücklicher. Hat man die grössere Abtheilung des Trigeminus zwischen der Brücke und dem Gasser'schen Knoten, diesen letzteren oder den Augenast in einem Albinokaninchen durchschnitten, so sieht man bald darauf, dass sich die Blutgefässe der Regenbogenhaut stärker füllen. Die Erweiterung anderer Gefässe und unter diesen vieler der Bindehaut und der Netzhaut folgt bald nach. Eine durchgreifende Ernährungsstörung, auf die wir später zurückkommen werden, greift binnen Kurzem durch. Die Trennung des hintersten Abschnittes des verlängerten Markes führt zu ähnlichen Veränderungen.

§. 969. Die Gefässe der Gesichtshaut, der Schleimhäute der Nase und eines grossen Theiles der Mundhöhle, des Zahnfleisches und der Unterkieferdrüse erweitern sich nach der Trigeminuslähmung, so dass hier die schmerzerzeugenden und die die Gefässe beherrschenden Fasern dieselben allgemeinen Bahnen verfolgen. Der Antlitznerv scheint hier keinen Einfluss an und für sich auszuüben. Da aber die Aeste, die sich an dem Gesichte verbreiten, aus Mischungen von Fasern des Facialis und des Trigeminus bestehen, so können sie natürlich auch auf die Gefässe wirken. Man hat bis jetzt nicht untersucht, ob hier vielleicht ein ähnliches eigenthümliches Verhältniss, wie an der Zunge nach den Versuchen von SCHIFF [1]) wiederkehrt. Hat man nur die Zungenäste des dreigetheilten oder nur die des Zungenfleischnerven im Hunde durchschnitten, so bemerkt man keine Erweiterung der kleineren oder der mittelgrossen Schlagadern der vorderen zwei Dritttheile der Zunge. Diese zeigt sich aber, so wie der Hypoglossus gleich-

[1]) SCHIFF, Physiologie S. 424.

zeitig mit oder eine beliebige Zeit nach der Trigeminustrennung verletzt worden, vorausgesetzt, dass keine Wiedererzeugung indessen Statt gefunden. Der Zungenschlundkopfnerv und der Zungenfleischnerv scheinen ähnliche Beziehungen zu dem hinteren Dritttheile der Zunge darzubieten.

§. 970. Man kann die Gefässnerven der Hirnhäute und die der Brust- und der Baucheingeweide durch ihre peripherischen Aeste in das centrale Nervensystem ebenfalls verfolgen. Ein Theil derer, welche die weiche Hirnhaut versorgen, stammt aus dem sympathischen Nerven. Viele, die zu den Lungen gehören, verlaufen im Vagus. Die meisten der Brust- und der Baucheingeweide sind in dem Sympathicus enthalten. Man ist wiederum im Stande, künstliche Gefässerweiterungen in jenen Gebilden durch Verletzungen des Rückenmarkes oder des verlängerten Markes hervorzurufen. Wir haben §. 959. gesehen, dass sich bis jetzt die Gefässnerven der Gliedmaassen nur bis in diesen letzteren Centraltheil des Nervensystemes verfolgen liessen. Verletzungen des Sehhügels und selbst des Balkens dagegen führen zu Hyperämieen der Unterleibseingeweide, vorzugsweise des Dünndarmes. Die Thatsache, dass diese höher gelegenen Hirntheile auf die Gefässnerven der Eingeweide, nicht aber auf die rothen Muskeln der Gliedmaassen wirken, stimmt mit einer Erscheinung, die man an frisch getödteten Thieren häufig wahrnimmt. Die Reizung eines Sehhügels oder eines Grosshirnschenkels wirkt dann nicht auf die rothen Körpermuskeln, bewegt aber die einfachen Muskelfasern des Darmes und anderer Unterleibsorgane.

§. 971. So sehr auch die Untersuchungen unserer Zeit die Einflüsse der Gefässnerven aufgehellt haben, so sind doch noch nicht wenige Hauptpunkte unerledigt geblieben. Eine merkliche Erweiterung tritt erst oft einige Zeit nach der Nervenlähmung ein und nimmt nicht selten später sichtlich ab. Die Wirkungen selbst erscheinen oft örtlich in ungleichem Grade vertheilt. Erweiterte Gefässe können daher neben anderen von regelmässigem Querschnitte vorkommen. Die Einflüsse eines kleinen Nervenstammes erstrecken sich oft über einen grossen Bezirk und umgekehrt. Die Erscheinungen wechseln auch bisweilen mit Verschiedenheit der Arten oder der Individuen, sei es, dass Varietäten des Nervenverlaufes häufiger als sonst vorkommen oder die Ungleichheiten der augenblicklichen Mischung der Gewebmassen der Gefässwände einen wesentlichen Einfluss ausüben.

§. 972. Ein Theil, dessen Gefässnerven gelähmt sind, leidet desshalb nicht nothwendigerweise an tieferen Ernährungs-

störungen. Sie entstehen aber durch Eingriffe, die ein gesunder Theil ohne Schaden erträgt. Ich drückte diese Beziehung dadurch aus, dass ich ein geringeres Widerstandsvermögen gegen äussere schädliche Wirkungen den gelähmten Gebilden zuschrieb. Diese später von SAMUEL, MEISSNER und BÜTTNER ebenfalls angenommene Bezeichnungsweise liefert natürlich nur einen Ausdruck und keine Erklärung der Erscheinungen, deren Auftreten sich im Allgemeinen einsehen, die sich aber nicht in genügender Weise im Einzelnen nach unseren gegenwärtigen Kenntnissen erläutern lassen.

§. 973. Hat man die hintere Hälfte des Rückenmarkes eines Frosches zerstört, so hängt es von der Behandlung des Thieres ab, wie sich die Ernährungszustände seiner gelähmten Hinterbeine gestalten. Pflegt man das Thier sorgfältig, indem man es auf feuchtem Moose, das man oft wechselt, liegen lässt, so kann man es dahin bringen, dass die Hinterbeine keine sichtliche Abweichung von dem gesunden Zustande mehrere Monate lang zeigen. Lässt man dagegen den Frosch in Wasser, das man nur nach längeren Zeiträumen ändert, so pflegen die Beine wassersüchtig zu werden. Grosse Lappen der Oberhaut stossen sich oft los und schwimmen als graue Häute in der umgebenden Flüssigkeit. Einzelne Zehen gehen nicht selten verloren. Schimmelwucherungen erzeugen sich leicht auf der Haut der kranken Theile. Lebt das Thier in sehr schmutzigem Wasser, so können die Füsse und dann die Weichtheile des Unterschenkels, wie durch Maceration zerstört werden. Schneidet man das entblösste Schienbein in dem Kniegelenke aus, so fehlt die Blutung. Ist nur das Hüftgeflecht einer Seite oder der Hüftnerv so hoch als möglich durchschnitten worden, so machen sich ähnliche Unterschiede für das gelähmte Bein geltend.

§. 974. Hat man den Hüftnerven eines Säugethieres durchschnitten, so röthen sich nach einiger Zeit diejenigen Stellen der Fusssohle, die dem grössten Drucke bei dem Stehen und dem Gehen ausgesetzt sind. Krusten- und Geschwürsbildung folgen nach. Die Zerstörung kann bis auf den Knochen durchgreifen, so dass zuletzt Knochensplitter austreten. Verschwärungen an der Ferse und dem äusseren Fussrande mit Abgang nekrotischer Knochenstücke, schuppige Häutung der Oberhaut und Abblätterung der Nägel zeigten sich an einer von ROMBERG [1]) beobachteten Frau, aus deren Hüftnerven

[1]) M. H. ROMBERG, Lehrbuch der Nervenkrankheiten des Menschen. Berlin 1840. 8. S. 210.

DIEFFENBACH ein grosses Stück eines Neuroms wegen entfernt hatte. Hatte BROWN-SÉQUARD den Hüftnerven in Kaninchen oder Meerschweinchen durchschnitten, so zeigten sich die Ernährungsstörungen nur in denjenigen Thieren, die auf steinigtem Boden herumgingen, nicht aber in denen, die in Schachteln mit Baumwolle aufbewahrt wurden. Die Abmagerung trat in beiden Fällen ein. Gelähmte Glieder des Menschen werden leichter als gesunde in der Kälte blau und erfrieren eher.

§. 975. Wurde der dreigetheilte Nerv in der Schädelhöhle eines Kaninchens mittelst des Neurotomes getrennt, so erzeugen sich leicht Verschwärungen oder Krusten der Nase, der Lippen und selbst bisweilen der Zunge der gelähmten Seite und in den Theilen überhaupt, die das Thier bei dem Essen gegen die Zähne oder andere feste Körper drückt. Das hyperämische Zahnfleisch von Menschen, die an Trigeminuslähmung leiden, blutet nicht von selbst, dagegen oft genug nach den geringsten Verletzungen. Es lockert sich auf, bekommt hier und da weisse Flecke, löst sich von dem Kiefer und wird selbst an einzelnen Stellen brandig, so wie schädliche Wirkungen eingreifen.

§. 976. Das Auge kann Ernährungsstörungen nach der Trennung des sympathischen und nach der des dreigetheilten Nerven darbieten. Hat man den gemeinschaftlichen Vagus-Sympathicusstamm des Hundes am Halse durchschnitten, so tritt später eine grössere Menge einer wässerigen, schleimigten oder z. Th. eiterähnlichen Flüssigkeit zur Augenlidspalte hervor. Einzelne Gefässe der Bindehaut bleiben erweitert. Alle diese Krankheitszeichen, die übrigens nach der Trennung des gesondert verlaufenden Halsstammes des Sympathicus der Kaninchen ausbleiben oder nur in geringerem Grade zum Vorschein kommen, halten sich stets in weit engeren Grenzen als die Ernährungsstörungen, welche die Lähmung der in dem dreigetheilten Nerven enthaltenen Gefässnerven nach sich zieht.

§. 977. Hat das Neurotom den ganzen Stamm des dreigetheilten Nerven vor oder hinter dem Gasser'schen Knoten oder auch nur den Augenast in Kaninchen, jungen Hunden oder Katzen getrennt, so füllen sich bald darauf die erweiterten Blutgefässe der Bindehaut und der Regenbogenhaut. Die Absonderung des Bindehautsackes vermehrt sich. Sie wird zäher, schleimigter, gewinnt später eine eiterige Beschaffenheit und trocknet leicht zu Krusten ein, welche die Augenlider verkleben und nicht selten auch auf der Hornhaut haften bleiben. Oeffnet man die geschlossene Augenlidspalte, so

stürzt eine grosse Menge der schleimigt-eiterigen Absonderung hervor. Die Hornhaut wird in Folge von Ausschwitzungen dicker. Sie trübt sich zuerst an einzelnen Stellen und später in ihrer ganzen Masse. Die Loštrennung von Krusten an ihrer Oberfläche oder der Druck gegen die Augenlider, der nicht immer trotz der reichlichen in dem Bindehautsacke enthaltenen Flüssigkeit verhütet wird, erzeugt Geschwüre, die zuletzt die Hornhaut durchbohren können, so dass das Auge ausläuft und ein unförmlicher Stumpf zurückbleibt. Die zerstörende Eiterung tritt oft an der erhabensten Stelle, also ungefähr in der Mitte der Hornhaut auf. Ein Theil ihres unteren Randes löst sich in anderen Fällen los. Greift die Zerstörung minder tief durch, so bleibt doch oft eine gänzliche Hornhauttrübung zurück. Die reichliche Absonderung kann sich später in allen Fällen verlieren und der erblindete Augapfel an Umfang merklich abnehmen. Gestattet noch die Hornhaut die Einsicht in die tieferen Theile des Auges, so erkennt man nach MARFELS bei der ophthalmoskopischen Untersuchung, dass die Blutgefässe der Netzhaut an der Erweiterung Theil nehmen. Man bemerkt später Ausschwitzungen an der Regenbogenhaut, die nicht selten die Pupille verschliessen, und Ablagerungen von Exsudat oder Eiter in der vorderen Augenkammer. Die Zergliederung des Auges kann noch feste Ausschwitzungsmassen, die sich zwischen der Iris und der Linsenkapsel hinziehen, nachweisen. Die Linse, der Glaskörper oder die Netzhaut haben dessenungeachtet ihre regelrechte Durchsichtigkeit nicht verloren. Die oben vorhandenen Ernährungsstörungen stehen still, so wie sich die Leitung des Nerven von neuem herstellt.

§. 978. Diese durchgreifenden der Trigeminusdurchschneidung nachfolgenden Veränderungen kehren auch für den Menschen wieder [1]). Theilweise Lähmungen können hier den Fall vorführen, dass die Ernährung des Auges nicht leidet, wenn eine Empfindungslähmung vorhanden ist und umgekehrt. MEISSNER und BÜTTNER sahen jenen Fall in Kaninchen, wenn der untere Theil des Augenastes bei der Durchschneidung desselben unversehrt geblieben. Die Gefässnerven würden hiernach in ihm tiefer und die Empfindungsfasern höher verlaufen. Obgleich im Allgemeinen die stärkeren Zerstörungsgrade in jungen Thieren leichter und rascher auftreten, so kann doch auch

---

1) Siehe die Zusammenstellung bei SCHIFF, Untersuchungen. I. S. 51—79. B. BECK, Virchow's Archiv. Bd. XI. 1857. S. 84.

die völlige Verödung des Auges in Menschen, die sich dem höheren Alter nähern, vorkommen.

§. 979. Die Erweiterung einzelner Blutgefässe bildet eine unmittelbare Folge der Nervendurchschneidung, alles Uebrige dagegen nur eine solche des geringeren Widerstandsvermögens der Theile, deren Gefässnerven gelähmt sind. Setzte SCHIFF[1]) eine Abtheilung der Kröten, deren dreigetheilten Nerven er getrennt hatte, auf groben Sand und eine andere in Wasser, so zeigten beide Gruppen die Gefässerweiterung. Allein nur das Auge derer, die mit dem Sande in Berührung gekommen waren, entartete. Das gesunde Auge blieb aber noch klar, wenn selbst SCHIFF Sandkörner auf dasselbe nach der Entfernung der Augenlider gebracht hatte.

§. 980. Die Versuche von SNELLEN, SCHIFF und HAUSER und vorzugsweise die von MEISSNER und BÜTTNER lehrten, dass die Ernährungsstörungen um so eher ausbleiben, je mehr man das Auge vor den äusseren Schädlichkeiten bewahrt. Das blosse Zunähen der Augenlider nützt wenig, weil hierdurch der Druck gegen die unempfindlichen Theile nicht vermieden wird. Das Verfahren, das Ohr der Kaninchen in einer über das Auge herübergeklappten Stellung zu befestigen, verkleinert zwar den Umfang der Ernährungsstörungen, beseitigt sie aber nicht gänzlich. MEISSNER und BÜTTNER konnten sie vollständig verhüten, wenn sie das Auge durch eine passende Lederkapsel schützten. Die durch den Druck der Zähne bedingte Verschwärung der Lippen bildete sich indessen aus. Entfernte man die Kapsel, so zeigten sich auch die Ernährungsstörungen am Auge nach einigen Tagen.

§. 981. Hat sich der Sturm gelegt, so kehrt die Absonderung des Bindehautsackes des erblindeten Auges des Menschen oder der Säugethiere zum Normalzustande zurück. Die Gefässfülle und die reichlichere Absonderungsthätigkeit der Nasenschleimhaut verlieren sich ebenfalls. Geschwüre, die sich an den Lippen oder der Nase erzeugt hatten, können sich verkleinern, die Atrophie und die Lähmung der Kaumuskeln nebst der durch diese bedingten Schiefstellung der Zähne schwinden, während die Unempfindlichkeit fortdauert. Die bis jetzt gemachten Erfahrungen scheinen anzudeuten, dass eine merkliche Abnahme der Ernährungsstörungen einzutreten vermag, wenn sich nicht alle Gefässnerven wiedererzeugt haben. Es wäre

[1]) SCHIFF, Physiologie S. 388. M. LANDSBERG, De ophthalmiae neuroparalyticae natura et causis. Berolini 1859. 8.

möglich, dass sich hier etwas Aehnliches, wie für die Bewegungsfasern der rothen Muskeln wiederholte. Diese gewinnen oft einen auffallenden Grad willkürlicher Beweglichkeit, wenn erst ein Theil der durchschnittenen Nerven so weit wiedererzeugt worden, dass man das Mark schon in gewöhnlichem Lichte erkennt (§. 79.). Es lässt sich vorläufig nicht angeben, ob und welche Verhältnisse ausserdem noch eingreifen, ob gelähmte Gefässnerven von einer gewissen Molecularbeschaffenheit auf andere zurückwirken und wesshalb die Gewebe selbst bessere Bedingungen ihrer Erhaltung trotz der Fortdauer der Lähmung wiedergewinnen können.

§. 982. Die Lungenentartung, welche der doppelten Vagustrennung folgt (§. 859.), gehört ebenfalls zu den durch das geringere Widerstandsvermögen hervorgerufenen Erscheinungen. Gefässnerven verlaufen in dem Stamme des herumschweifenden Nerven. Sie begeben sich nicht bloss zu der Lunge derselben, sondern auch zu der der entgegengesetzten Seite. Die Trennung eines Halsstammes des Vagus pflegt dessenungeachtet keine irgend tieferen Veränderungen in dem Bau der Lungen nach sich zu ziehen, weil die Athemnoth mangelt.

§. 983. Die Durchschneidung des Halstheiles des sympathischen Nerven erzeugt keine Hyperämie in der Masse des Herzens oder der Lungen. BERNARD rief dagegen diese und Ausschwitzungen im Herzbeutel hervor, wenn er die obersten Brustknoten des Grenzstranges in Hunden ausgerissen hatte. Weitere Erfahrungen über die Gefässnerven der Brusteingeweide liegen bis jetzt nicht vor.

§. 984. Die der Unterleibseingeweide verlaufen zum grössten Theil in den Bahnen des Sympathicus und der zu ihm gehörenden Knotenmassen, wie des Sonnengeflechtes, des oberen und des unteren Gekrösgeflechtes und der Geflechte, die mit den Schlagaderstämmen dahin gehen. Die blosse Eröffnung der Unterleibshöhle eines Kaninchens kann schon eine heftige Entzündung zur Folge haben. Man darf daher nicht mit Sicherheit schliessen, dass Hyperämieen und Ausschwitzungen, die man einige Zeit nach der Durchschneidung der Bauchtheile des herumschweifenden oder des sympathischen Nerven oder der Ausrottung des Sonnen- und des oberen Gekrösgeflechtes angetroffen hat, nur von den Nervenverletzungen herrühren. Der Einfluss der Centraltheile liefert zuverlässigere Ergebnisse.

§. 985. MAGENDIE sah schon dieselben Ernährungsstörungen des Auges, wie nach der Trigeminustrennung eintreten, nachdem er den Grenzbezirk des verlängerten Markes und des Rückenmarkes

durchschnitten hatte. Dieses spricht unmittelbar gegen die oft vertheidigte Behauptung, dass jene Folgen nur dann eintreten, wenn der Gasser'sche Knoten oder der dreigetheilte Nerv peripherischer, als jenes Ganglion, nicht aber wenn er zwischen ihm und dem Gehirn durchschnitten worden. Verletzungen der Pyramiden und der strickförmigen Körper oder des verlängerten Markes überhaupt sind nicht selten von Lungenhyperämieen, wie nach der doppelten Vagustrennung begleitet, so wie die Thiere den Eingriff längere Zeit überleben und Athembeschwerden leiden. SCHIFF fand Röthung im Dünndarme und Erweichungsbezirke und schwarze Stellen im Magen von Hunden, denen er die eine Hälfte des verlängerten Markes an dem hintersten Ende der Schreibfeder, die des Rückenmarkes oder hier nur die Vorderstränge durchschnitten hatte. Magendurchbohrungen kamen ausnahmsweise vor. Die Absonderung der Magenschleimhaut hatte aber dessenungeachtet ihre sauere Beschaffenheit nicht eingebüsst. Die Trennung des Balkens in Kaninchen, die der Hirnstrahlung, des Sehhügels oder des Grosshirnschenkels in diesen Thieren, in Hunden oder in Katzen führt nicht selten zu Hyperämieen des Magens und des Darmes und zu Erweichungen und Geschwürsbildungen der Schleimhaut derselben. Da alle diese die Unterleibsorgane betreffenden Veränderungen nach der doppelten Vagustrennung fehlen, so folgt, dass die entsprechenden Fasern in dem sympathischen Nerven verlaufen.

§. 986. Manche der auf diesem Gebiete vorgekommenen Erfahrungen lassen sich nach unseren gegenwärtigen Kenntnissen nicht erklären. Obgleich die Ernährungsstörungen des nicht geschützten Auges im Kaninchen eintreten, man mag die richtige Stelle des verlängerten Markes oder die Wurzeltheile des Trigeminus vor dem Gasser'schen Knoten bei der Durchschneidung getroffen haben, so machten doch MEISSNER und BÜTTNER die Erfahrung, dass ihre Augenkapsel die Veränderung nicht verhütete, wenn der Gasser'sche Knoten stark gedrückt worden. Die Verletzungen des Rückenmarkes und selbst die des verlängerten Markes erzeugen die Blutfülle und die Geschwürsbildung in den Eingeweiden weit unsicherer, als die des Sehhügels oder der Hirnstrahlung. Es hängt vielleicht hiermit zusammen, dass Hyperämieen der Unterleibseingeweide, Schmerzhaftigkeit des Darmes und Darmgeschwüre bei Typhus und Rückenmarkslähmung auftreten.

§. 987. Der durch die Thätigkeiten bedingte Umsatz der Gewebe liefert die Anregung zu neuen Massenveränderungen. Hält

sich die Uebung in mässigen Grenzen, so ist hierdurch das beste Kräftigungs- und Vergrösserungsmittel gegeben. Man sieht dieses am deutlichsten in gesunden Muskeln. Die eine längere Zeit oder für immer unthätigen magern ab und unterliegen zuletzt der Fettentartung. Alte Klumpfüsse lehren, dass nicht immer eine Nervenlähmung, sondern der Uebungsmangel die Ursache der Störungen bildet. Sind nur die Bewegungs- und nicht die Empfindungsnerven eines Theiles wirkungslos, so gibt schon der Mangel der Verkürzung einen Grund der Abmagerung. Kommt noch die Unthätigkeit der Gefässnerven hinzu, so können Wassergüsse in das Bindegewebe, Ausschwitzungen und selbst Fettablagerungen den Schwund der Muskeln verhüllen. Die tägliche Galvanisation nach der Nerventrennung verhütet zum Theil die Abnahme des Muskelvolumens.

§. 988. Der regelmässige Gang der Ernährungserscheinungen ist zu keiner Lebenszeit nothwendiger, als zu der des Wachsthumes des jungen Organismus. Die Nervenlähmung greift auch dann nachdrücklich durch. Das eine Bein oder dieses und der Arm eines in den ersten Lebensjahren befindlichen Kindes wird oft nach einem Anfalle von Krämpfen oder einem anderen Nervenleiden dauernd gelähmt. Wachsen solche Individuen heran, so ist ihr krankes Glied nicht nur an den meisten Stellen blass, an anderen, besonders dem Fusse livid, kalt und auf das Höchste abgemagert, sondern auch oft bedeutend kürzer als das gesunde. Hat es auch die regelrechte Länge, so sind doch die Knochen nach MURRAY dünner. Die Gelenke erscheinen schlaff und die Knochen verkümmert. Die Einzelformen derselben, besonders die Fortsätze und andere Erhabenheiten weichen von denen gesunder Knochen sichtlich ab. Hat man den Zungenfleischnerven an einer Seite durchschnitten, so runzelt sich nach einigen Monaten die Schleimhaut der entsprechenden abgemagerten Zungenhälfte jüngerer Thiere auffallender, als die älterer.

§. 989. Die Versuche, die SCHIFF über den Einfluss der Nerventrennung auf die Ernährung der Knochen angestellt hat, führten zu wesentlich verschiedenen Ergebnissen, je nach dem Alter des Thieres. Trennte er die Nerven des Gliedes eines älteren oder jüngeren Säugethieres, so erweiterten sich die Blutgefässe des Bindegewebes, der Muskeln, der Beinhaut und der Knochen. Blieb dann die Extremität des erwachsenen Thieres unbeweglich, so nahm das Volumen der Knochen derselben merklich ab. Die Kanten und die Vorsprünge erschienen abgerundet, die Markhöhle vergrössert und die Beinhaut verdickt. Der Kalkgehalt des Knochens nahm ab.

Diese wurden sogar knorpelig biegsam in einer Hündin, die ein Junges sechs Wochen nach der Nervendurchschneidung geboren und dasselbe einen Monat lang ernährt hatte. Es kann nach einem bis anderthalb Jahren vorkommen, dass man schwammigte Knochenmassen statt dichter an einzelnen Stellen des zu dünnen Knochens antrifft. Die Abnahme der Knochensubstanz in Fröschen lässt sich wiederum verhüten, wenn man täglich das lahme Glied mehrere Male galvanisirt.

§. 990. Thiere, die noch in regem Wachsthume begriffen sind, zeigen nach SCHIFF eine Hypertrophie der Knochen schon einige Wochen nach der Nerventrennung. Sie tritt um so eher und um so nachdrücklicher ein, je jünger das Thier ist und je lebhafter seine Entwickelung vor sich geht. Diese wuchernde Masse verknöchert vollständig, während die gesunde eher verdünnt als verdickt erscheint. Die Beinhaut besteht aus mehreren Lagen, von denen die unterste in Verknöcherung begriffen ist. Hat man den Unterkiefernerven (N. alveolaris inferior) an einer Seite durchschnitten, so erhält man nach wenigen Wochen eine Hypertrophie der entsprechenden Hälfte der Kinnlade, selbst in erwachsenen Thieren. SCHIFF erklärt dieses daraus, dass hier die Kieferbewegungen fortdauern, der Bewegungsmangel also, der zur Atrophie führen könnte, nicht vorhanden ist, die bestehende Gefässerweiterung dagegen die Hypertrophie herbeiführt.

§. 991. Die Zerstörung des Lendenmarkes der Säugethiere führt zu den gleichen Veränderungen der Skelettheile der Gliedmaassen, wie die Trennung der peripherischen Abschnitte derselben. Da die §. 988. erwähnte Lähmung, wenn sie selbst von frühester Kindheit an besteht, nur eine Atrophie und keine Hypertrophie der Knochen erzeugt, so müssen hier andere Bedingungen als in den §. 990. erwähnten Thierversuchen durchgreifen.

§. 992. Die Knochenwucherungen bilden nicht den einzigen Fall, in dem eine zu üppige Ernährung und keine Abmagerung der Gewebe gelähmter Theile bemerkt wird. Wir haben schon §. 974. gesehen, dass sich die Oberhaut des Menschen, besonders des Fusses in grösseren Krusten häufiger abschuppt und die Nägel abblättern, wenn der Hüftnerv durchschnitten worden. Die Elemente der Oberhaut gehen hier vor der letzten Stufe ihrer Entwickelung, vor der vollständigen Trennung der einzelnen mikroskopischen Blättchen davon. Hatte SCHIFF die Ohrmuschelnerven eines Kaninchens an einer Seite durchschnitten, so wuchsen hier die Haare rascher als

an der anderen. RETTBERG sah das Gleiche an dem Beine von Hunden oder Schafen, dessen sämmtliche Nerven getrennt waren. Die Angaben, dass die Reizung oder die Durchschneidung der Nerven Entzündung erzeuge, rühren nur davon her, dass man diese mit den Nachwirkungen der Lähmung der Gefässnerven oder den Folgen des Eingriffes überhaupt verwechselte.

§. 993. Das geringere Widerstandsvermögen gegen schädliche Eingriffe nach Nervenverletzungen ist bis jetzt von der praktischen Heilkunde nicht nach Gebühr gewürdigt worden, obgleich ein häufig vorkommender Fall einen unmittelbaren Beleg dafür lieferte. Typhuskranke, Gelähmte oder Halbgelähmte liegen sich nicht selten in der Gegend des Heiligbeines und nächstdem an der Ferse, also an Stellen auf, die dem Drucke der Körpertheile vorzugsweise ausgesetzt sind. Die Wunden heilen oft, wenn der Druck aufhört, erregende Mittel angewendet werden oder sich das Nervenleiden bessert. AXMANN beobachtete einen Paraplegischen, dessen Kniee sich an den gedrückten Theilen rötheten, wenn der Kranke anhaltend auf dem Bauche lag. Dieses schwand bei der Rückenlage, obgleich die Lähmung unverändert blieb. Man hat Fälle von Aufliegen, die sich nach der Rückkehr der Bewegung und der Empfindung erhalten, nach der Behandlung mit dem Magnetelektromotor dagegen verlieren. Es wird aber in der Regel von ärztlicher Seite nicht beachtet, dass oft die Anwendung von Arzneimitteln auf gelähmte Theile in hohem Grade gefährlich ist, weil diese Eingriffe nicht vertragen, die gesunden nicht im geringsten schaden (§. 972.). Wer ein Auge, das bei Beginn der Trigeminuslähmung hyperämisch wird und mehr absondert, mit Umschlägen, Augenwassern und ähnlichen Dingen behandeln wollte, würde den Zustand nur verschlimmern. Der Gebrauch einer alle äusseren Schädlichkeiten abhaltenden Kapsel dagegen könnte das Leiden mildern oder ihm von vorn herein vorbeugen. Der Genuss reizender Speisen oder Arzneien bei Nervenkrankheiten, die mit Hyperämieen, Erweichungen oder Verschwärungen der Darmschleimhaut verbunden sind, hat wahrscheinlich oft genug Unheil gestiftet, ohne dass es der Arzt im geringsten ahnte. Dasselbe gilt von der Anwendung von Mundwassern bei Lähmungen des dreigetheilten, von Collyrien bei der des Halstheiles des sympathischen Nerven und von reizenden Einspritzungen in die Scheide und den Mastdarm bei Paraplegieen.

§. 994. Man kann nicht angeben, in welchen Beziehungen die in der Zunge, den Athmungswerkzeugen, dem Herzen und den

Unterleibseingeweiden enthaltenen mikroskopischen Ganglien zu den Ernährungserscheinungen stehen. Es ist eben so wenig ermittelt, ob und welchen Einfluss die grösseren Nervenknoten in dieser Hinsicht ausüben. Die §. 985. erwähnten Wirkungen des centralen Nervensystemes auf die Blutgefässe und die Erhaltung oder die Zerstörung der Gewebe lehren, dass die peripherischen Ganglien keine selbstständigen Gebilde in dieser Hinsicht bilden. Andere Versuche beweisen, dass die unversehrte Beschaffenheit des Markes der Nervenfasern von den mit ihnen verbundenen Nervenknoten nicht abhängt. Man hat häufig behauptet, dass die von ihren Ganglien getrennten Nervenstämme entarten (§. 92.). Wird der dreigetheilte Nerv zwischen dem Gasser'schen Knoten und dem Gehirne durchschnitten, so lässt sich später die Veränderung der Primitivfasern des centralen Abschnittes bis in die Brücke hinein verfolgen. Viele andere Knoten z. B. des sympathischen Nerven verhalten sich aber in dieser Hinsicht indifferent [1]) oder verzögern nur die Entartung der sie durchsetzenden Nervenfasern, wie man in Betreff des carotischen Astes, des obersten Halsknotens des sympathischen Nerven in glücklichen Fällen sehen kann. VULPIAN fand, dass ausgeschnittene Nervenstücke, die man an anderen Orten desselben oder eines zweiten lebenden Thieres eingebettet hatte, wie gewöhnlich entarteten. Die ganze Frage, wo die sogenannten Ernährungscentren der Nerven d. h. diejenigen Stellen des Nervensystemes liegen, deren Lostrennung von den Primitivfasern eine Entartung der letzteren zur Folge hat, ist noch zu wenig verfolgt, als dass man ein begründetes Urtheil in dieser Hinsicht fällen könnte. Man weiss nur, dass der ganze peripherische Abschnitt der Bewegungsfasern der Rückenmarksnerven der Veränderung unterliegt, wenn die vorderen Nervenwurzeln an irgend einer Stelle getrennt worden. Hat man dagegen die hinteren durchschnitten, so soll das Mark nach WALLER und SCHIFF in der peripherischen Verbreitung der Nervenfasern und dem mit dem Spinalganglion zusammenhängenden Abschnitte unverändert bleiben, während es in dem mit dem Rückenmarke zusammenhängenden Wurzeltheile entartet. Wurde das Hüftgeflecht eines Frosches getrennt, so bleibt das Mark in dem centralen Abschnitte unverändert. Es zerfällt dagegen nicht bloss in den Endgeflechten, die sich in den Muskeln, sondern auch in denen, die sich in der Haut befinden. Dieses zeugt jedenfalls gegen jenes

[1]) Siehe SCHIFF, a. a. O. S. 118—121.

angeblichen einseitigen und entgegengesetzten Einfluss der Empfindungs- und der Bewegungsfasern. Hat man den Hüftnerven an zwei Stellen durchschnitten, so entartet nach WUNDT und SCHIFF das Zwischenstück rascher, als die unterhalb der zweiten Trennungsstelle befindlichen Verbreitungen des Nerven. Bedenkt man, dass ein von dem Rückenmarke durch Zug getrennter Nerv in seinem oberen Theile andere Ernährungsstörungen, als in seinem unteren darbieten kann, so wird man zu dem Schlusse gelangen, dass hier feinere mit den Oertlichkeiten wechselnde Beziehungen der Anordnung der Blutgefässe und der Ernährungsbedingungen überhaupt, nicht aber nur die Lage der Trennungsstelle des Nerven diesseit oder jenseit eines Nervenknotens in Betracht kommen.

§. 995. Der reichlichere Thränenstrom, den die Reizung der Bindehaut hervorstürzen lässt, die Speichelmassen, die bei der Erinnerung an angenehme Speisen in die Mundhöhle übertreten, die Schweissbildung und der Durchfall, den die Angst erzeugen kann, der Krampfharn der Hysterischen und viele andere Krankheitserscheinungen weisen darauf hin, dass das Nervensystem einen wesentlichen Einfluss auf die Absonderungen auszuüben vermag. Die Versuche, die LUDWIG über die Speicheldrüsen anstellte, lehrten zuerst, dass man die Absonderung durch Nervenreizung in ähnlicher Weise, wie die Muskelverkürzung, selbst in frisch getödteten Thieren hervorrufen kann.

§. 996. ECKHARD führt einen Fall an, in dem ein Mann, der eine Contusion des Achselgeflechtes in Folge eines Sturzes erhalten hatte, an der Hand des kranken Armes fortwährend schwitzte. Gelähmte Glieder zeichnen sich häufig durch die Neigung zur Schweissbildung oder durch besondere Trockenheit aus, ohne dass es bis jetzt gelungen wäre, die Ursache dieses Unterschiedes aufzufinden. Es kommt häufig vor, dass die kranke Gesichtshälfte eines Menschen während eines Anfalles von Gesichtsschmerz schwitzt. Diese Erscheinung lässt sich eben so wenig mit Sicherheit erklären, als die örtlichen kalten Stirnschweisse bei Uebelkeiten, Angst oder zur Zeit des Todeskampfes. Die reichlichen Schweisse bei Zehrfiebern oder bei Hirnwassersucht hängen wahrscheinlich damit zusammen, dass die Erschlaffung die Porosität der Gewebe vergrössert und desshalb mehr Flüssigkeit durchtritt, als gleichzeitig verdunsten kann.

§. 997. Die an Thieren angestellten Versuche haben bis jetzt keine genügenden Aufschlüsse über die Einflüsse des Nervensystemes

auf die Schweissbildung geliefert. Wenn ein Esel, dem MAYER die beiden herumschweifenden Nerven unterbunden hatte, reichlich schwitzte und lebhaft zitterte, so konnte dieses eben so gut von dem Eingriffe und der Athemnoth, als von anderen Beziehungen herrühren. DUPUY fand, dass das Ohr oder die entsprechende Kopfhälfte von Pferden, denen er den sympathischen oder den herumschweifenden Nerven durchschnitten, lebhaft schwitzte. Diese Erscheinung wiederholt sich nicht an kleineren Säugethieren, wie Kaninchen, Katzen oder Hunden.

§. 998. Kaninchen, in denen SCHIFF den Halsstamm des Sympathicus und den Auricularis cervicalis der einen Seite getrennt und den Vagus ausgerissen hatte, sonderten mehr Ohrenschmalz an der kranken, als an der gesunden Seite ab. Dieses dauerte bis zum Tode, wenn selbst die Thiere noch Monate lang fortlebten. Behandelte ECKHARD das Hüftgeflecht von Kröten mit den Wechselströmen einer magnetelektrischen Rotationsmaschine, so entleerten sich die Hautdrüsen der Hinterbeine, vorzugsweise die der Unterschenkel. Die Reizung des Rückenmarkes hatte die gleichen Folgen. LISTER bemerkte, dass die Froschhaut ihre gewöhnliche Rauhigkeit verliert und auffallend glatt erscheint, wenn die vorderen Rückenmarkswurzeln getrennt worden. Diese beherrschen wahrscheinlich die einfachen Muskelfasern der Lederhaut.

§. 999. Die Reizung der Wurzeln des dreigetheilten Nerven kann die Absonderung der Thränendrüse und nach CZERMAK auch die der Bindehaut und der Harder'schen Drüse selbst in dem losgeschnittenen Kopf eines frisch getödteten Kaninchens vermehren. Man hat in Menschen Fälle theilweiser Trigeminuslähmung, in denen sich die §. 976. erwähnten tiefen Ernährungsstörungen des Auges nicht ausbilden, die Bindehaut regelrecht bleibt oder ein trübes Epithel trägt und die Berührung derselben weder Thränenfluss noch den unwillkürlichen Schluss der Augenlider nach sich zieht.

§. 1000. Die Versuche, die LUDWIG und RAHN, BERNARD, VELLA, CZERMAK, SCHIFF und ECKHARD über die Abhängigkeit der Speichelabsonderung von den Nervenwirkungen an Hunden, Katzen und Kaninchen anstellten, haben den grössten Theil der hier in Betracht kommenden unmittelbaren Erreger und der reflectorisch wirkenden Stämme nachgewiesen. Es zeigte sich aber zugleich, dass uns die Kenntniss des wichtigsten, die Nerventhätigkeit und die Absonderung verbindenden Zwischengliedes mangelt. Die Unterkieferdrüse des Kaninchens und des Hundes empfängt einen Zweig

aus dem Zungenaste des dreigetheilten und einen anderen aus dem Carotidengeflechte des sympathischen Nerven. Man kann den Speichelausfluss der Drüse selbst in dem frisch getödteten Kaninchen hervorrufen, wenn man den aus dem Trigeminus stammenden Nerven mechanisch oder chemisch reizt. Behandelt man ihn in dem Hunde oder der Katze mit den Schlägen des Magnetelektromotors, so fliesst bald darauf viel Speichel zum Wharton'schen Gange heraus. Setzt man die Nervenerregung längere Zeit fort, so steigt die in der Zeiteinheit gelieferte Flüssigkeitsmenge bis zu einem Maximum und nimmt in der Folge ab. Die Lebhaftigkeit der Absonderung bildet überhaupt eine Function der Empfänglichkeit jenes Nervenzweiges. Der durch die Nervenreizung hervorgetriebene Speichel ist nach LUDWIG und SPIESS wärmer, als das Carotidenblut des Thieres. Das Venenblut der Drüse kann noch wärmer, als jener sein.

§. 1001. Da die Paukensaite einen Theil ihrer Fäden zu dem Meckel'schen Unterzungenknoten und dem in die Unterkiefer- und die Unterzungendrüse ausstrahlenden Trigeminuszweige gibt, so liegt es nahe, den eben erwähnten Absonderungseinfluss von den Fasern dieser Bewegungsnerven herzuleiten. SCHIFF und BERNARD fanden auch, dass die Reizung der Paukensaite die kleinen Gefässe der Drüse erweitert und nicht verengt. Das Blut strömt dann oft so rasch durch, dass es noch mit einer auffallenden hochrothen oder vielmehr purpurrothen Farbe in den Blutadern fliesst. Diese von GLUGE und THIERNESSE nicht immer bemerkte Erscheinung begleitet auch nach BERNARD die lebhafte Absonderung der Nieren. Das aus den Muskeln strömende Blut dagegen wird mit der Stärke der Zusammenziehung derselben immer dunkeler. Die Reizung der Paukensaite führt im Hunde leichter zur Absonderung der Unterkieferdrüse, als zu der der Unterzungendrüse. Da sich ein anderer Theil jenes Nervenstammes zu der Zungenschleimhaut begibt, so übt er vielleicht hier Absonderungseinflüsse mittelst seiner Bewegungsfasern aus.

§. 1002. Die Erregung des aus dem Carotidengeflechte des Sympathicus stammenden Astes, der zu der Unterkieferdrüse tritt, erzeugt ebenfalls Speichelabsonderung. Sie fällt jedoch nach LUDWIG geringer aus und stockt nach CZERMAK nach kurzer Zeit. Der Letztere betrachtete daher diese sympathische Quelle als einen Hemmungsnerven der Absonderung. ECKHARD fand später, dass die durch die Reizung des Sympathicusastes erzeugte Masse dickflüssiger ist und desswegen nicht mehr zu den Drüsengängen austritt. BERNARD

glaubt bemerkt zu haben, dass dieser sympathische Zweig den Blutlauf der Drüse auffallend verlangsamt, indem er die Haargefässe derselben verengert (§. 945.).

§. 1003. Die Zungenäste des dreigetheilten Nerven oder der gesammte Stamm des Zungenschlundkopfnerven können die Speichelabsonderung der Unterkiefer- und der Unterzungendrüse auf dem Wege des Reflexes anregen. Die Trennung der empfindenden oder der bewegenden Zwischenbahn oder die des verlängerten Markes hebt diese Wirkung auf. Der Speichelfluss, der bisweilen Neuralgieen einzelner Zweige des dreigetheilten Nerven begleitet, kann auf diese Weise eben so gut, als durch die unmittelbare Reizung der Drüsennerven zu Stande kommen. Das Zusammenfliessen des Speichels im Munde nach Berührungen oder nach Geschmackswirkungen der Zunge beruht auf einer Reflexthätigkeit. Wir sahen schon §. 795., dass sie nach STANNIUS nach dem Genusse bitterer Körper in Katzen aufhört, in denen man die beiden Zungenschlundkopfnerven durchschnitten hat.

§. 1004. Reizten LUDWIG und SCHIFF den in der Schädelhöhle befindlichen Stamm des Antlitznerven eines frisch getödteten Kaninchens, so trat in günstigen Fällen ein Speicheltropfen zu dem Stenon'schen Gange heraus. Hatte man vorher geröthetes Lacmuspapier in diesen eingeführt, so färbte es sich blau. Derselbe Versuch gelingt nicht mehr, wenn man den Antlitznerven nach seinem Austritte aus dem Griffelloche anregt. Dieses würde beweisen, dass der Erfolg nicht von dem Drucke, den die Zusammenziehung der Gesichtsmuskeln erzeugt, ausschliesslich herrührt und die Drüsennerven von dem Antlitznerven innerhalb des Fallopischen Canales abgehen. ECKHARD dagegen stellte jeden Einfluss des Antlitznerven auf die Absonderung der Ohrspeicheldrüse des Hundes und des Esels in Abrede. BERNARD, der die Paukensaite aus der Wrisberg'schen Zwischenportion des Wurzeltheiles des Antlitznerven hervorgehen liess, glaubte früher, dass diese und die Paukensaite selbst die Absonderung der Ohrspeicheldrüse beherrschen, eine Angabe, der sich auch SCHIFF für die Paukensaite anschloss. Hat man sie in dem Hunde getrennt, so fliesst nach BERNARD kein Speichel mehr zum Stenon'schen Gange heraus, nachdem man Essig in die Mundhöhle gegossen hat. Mussten schon jene Angaben von anatomischer Seite aus Bedenken erregen, so fanden überdiess die beiden genannten Forscher, dass die Durchschneidung der Paukensaite eben so wenig als die der grösseren oberflächlichen Felsenbeinzweige des Antlitz-

nerven (N. petrosus superficialis major) die Thätigkeit der Ohrspeicheldrüse aufhebt. SCHIFF nahm nach seinen an Kaninchen und Katzen angestellten Versuchen an, dass Bewegungsfasern des Antlitznerven durch den kleineren oberflächlichen Felsenbeinzweig (N. petrosus superficialis minor) zum Ohrknoten (Ganglion oticum) und von da durch den oberflächlichen Ohrast (N. temporalis superficialis s. auricularis anterior) zur Ohrspeicheldrüse gelangen. BERNARD sah die Thätigkeit dieser Drüse fortdauern, wenn auch die beiden oberflächlichen Felsenbeinzweige durchschnitten waren. Er nahm ebenfalls an, dass die für die Ohrspeicheldrüse bestimmten Zweige in dem oberflächlichen Schläfennerven (N. auriculo-temporalis) und später längs der inneren Kieferschlagader dahingingen. Da LUDWIG und RAHN Speichel zum Stenon'schen Gange ausfliessen sahen, wenn sie die Wurzeltheile des Trigeminus in der Schädelhöhle reizten, so scheint dieser Fasern für die Ohrspeicheldrüse schon bei seinem Ursprunge zu enthalten. Der Zungenschlundkopfnerv führt leicht zu Reflexabsonderungen derselben, selbst in dem frisch getödteten Thiere. Der herumschweifende Nerv oder der Zungenfleischnerv üben diese Wirkung nicht aus.

§. 1005. Die grossen Speichelmengen, die bei lange anhaltender Reizung des Drüsenzweiges der Unterkieferdrüse hervortreten, sprechen gegen den Erklärungsversuch, nach welchem die Wirkung dadurch zu Stande käme, dass sich die Drüsengänge möglichst vollständig zusammenziehen und ihren Inhalt auf diese Weise austreiben. Der Gedanke, dass eine abwechselnde Verkürzung und Erschlaffung derselben eine entsprechende Entleerung und Einsaugung von Flüssigkeiten nach sich zieht, wird weder durch einen bemerkbaren periodischen Austritt des Speichels noch durch die Eigenschaften der Wandungen der Drüsengänge gestützt. Diese bleiben oft ruhig, man mag sie selbst oder die Drüsennerven mit den Schlägen des Magnetelektromotors ansprechen. Die Thatsache, dass man die Mundspeicheldrüsen und die Thränendrüse des losgeschnittenen Kopfes eines frisch getödteten Thieres zur Absonderung zwingen kann, beseitigt alle Annahmen, welche die Wirkungen aus einer Aenderung der Menge des durchfliessenden Blutes herleiten. Da die Unterbindung der die Drüse verlassenden Blutadern keinen Speichelausfluss zur Folge hat, so kann er auch von keiner blossen Verstärkung des Druckes, der auf den Wänden der Haargefässe lastet, herrühren. Liess LUDWIG den während der Reizung des Trigeminusastes ausströmenden Speichel der Unterkieferdrüse des Hundes in ein Mano-

meter übertreten, so fand er, dass der hier zum Vorschein kommende Druck grösser, als der in der Carotis ausfiel. Dieses deutet auf eine von dem Blutdrucke unabhängige Triebkraft, welche die Absonderungsflüssigkeit aus den Gängen fortführt. Die gegenwärtigen Untersuchungsmittel gestatten aber noch nicht das Nähere in dieser Beziehung anzugeben.

§. 1006. Die Absonderung des Magensaftes vergrössert sich nach dem Eintritte der Nahrungsmittel in den Magen und die der Galle, des Bauchspeichels und wahrscheinlich auch des Darmsaftes zur Zeit der Dünndarmverdauung. Es liegt nahe, an ähnliche Nervenwirkungen zu denken, wie sie bei der Thränendrüse und den Mundspeicheldrüsen vorkommen. Die bis jetzt gewonnenen Erfahrungen gestatten jedoch noch keine genügende Erläuterung der hier in Betracht kommenden Verhältnisse.

§. 1007. Die Reizung des Vagus oder des Sympathicus mit den Wechselströmen des Magnetelektromotors lässt keine grösseren Mengen saueren Magensaftes an der Oberfläche der Schleimhaut hervorquellen, wenn selbst lebhafte Magenbewegungen erzeugt werden. Spritzt man dagegen frisches Blut in die Magenschlagadern eines eben getödteten Thieres, so tritt eine merkliche Menge saueren Magensaftes heraus, wenn selbst vorher die Oberfläche der Magenschleimhaut neutral reagirte. Da das Blut alkalisch ist, so folgt, dass die Ursache der freien Säurebildung durch den Einfluss von Gewebtheilen erzeugt wird, die zwischen den Hohlräumen der Blutgefässe und denen der Magendrüsen liegen. Es ergibt sich ferner, dass die reichlichen Mengen von Magensaft, die nach der Berührung der Oberfläche der Magenschleimhaut eines mit einer Magenfistel versehenen hungernden Thieres oder Menschen hervortreten, nicht nothwendiger Weise nur davon herrühren, dass sich die Drüsen durch die Reflexthätigkeit der Muskelmassen entleeren. Man kann vielmehr vermuthen, dass die Erscheinung von dem Durchtritte einer grösseren Blutmenge bedingt wird.

§. 1008. Wir haben schon §. 841 fgg. gesehen, dass die doppelte Vagustrennung am Halse oder in der Unterleibshöhle die chemischen Erscheinungen der Magenverdauung an und für sich nicht stört. Die Absonderung eines sauern, lösenden Magensaftes kann erhalten bleiben. Dieser quillt nach mechanischen Reizen, welche die Magenschleimhaut treffen, wenn auch vielleicht in etwas geringerer Menge hervor. Der Genuss von Dextrin ladet noch den Magen oder erzeugt einen sehr wirksamen Magensaft. Dieser Erfolg bleibt jedoch

selbst nach der Einspritzung in das Blut aus, wenn allgemeines Unwohlsein nebenbei vorhanden ist. Die in manchen, nicht aber in allen Thieren scheinbar trägeren oder selteneren Magenbewegungen sind im Stande, die Dauer der Magenverdauung zu verlängern und die Bestreichung und Durchknetung der Speisemassen mit Magensaft zu erschweren. Die bis auf die neueste Zeit oft wiederholte Behauptung, dass die doppelte Vagustrennung die Absonderung des Magensaftes aufhebt oder einen alkalischen Magensaft erzeugt, beruht auf Täuschung. Der Magen von Hunden, deren herumschweifende Nerven am Halse durchschnitten worden, zeigt bisweilen vorübergehend einen Krankheitszustand, unter dem die Verdauung leidet und bei dem ein alkalischer Magensaft nach SCHIFF noch auszutreten vermag, wenn man selbst die Speiseröhre unterbunden hat. Da sich etwas ähnliches im Menschen wiederholen kann, so ist man nicht berechtigt, die bei ihm hin und wieder vorkommende sogenannte alkalische Indigestion nur von verschluckten Speichelmassen herzuleiten. Jener Krankheitszustand stört die Magenverdauung der Hunde, wenn selbst ein sauerer Magensaft geliefert wird, weil der thätige Fermentkörper, das sogenannte Pepsin fehlt oder nicht hinreichend wirksam ist. Das Magenleiden pflegt auszubleiben, wenn man die herumschweifenden Nerven in der Unterleibshöhle durchschnitten hat. Es verliert sich, wenn die Hunde die doppelte Vagustrennung längere Zeit überleben. Die Einspritzung von kohlensauerem Kali regt dann die Absonderung eines saueren und wirksamen Magensaftes an. Der Genuss von Dextrin vermehrt die Menge desselben, wie gewöhnlich. Die Magenschleimhaut verräth keine Blutüberfüllung. Mechanische Reize, welche die Schleimhaut treffen, lassen Magensaft, wie gewöhnlich, hervorquellen.

§. 1009. Die Magenfisteln des Hundes und des Menschen lehren, dass nicht selten Verstimmungen des Magens ohne eine nachweisbare äussere Veranlassung auftreten. Die Magenverdauung wird dann träger oder unvollkommener. Man findet nicht selten an der Oberfläche einen glasartigen Schleim, der oft alkalisch oder neutral reagirt. Man weiss bis jetzt nicht, ob diese Veränderung von einem vorübergehenden Krankheitszustande der herumschweifenden Nerven oder der Centraltheile derselben herrührt oder nicht. Die Einflüsse, welche die Gemüthsbewegungen auf die Magenverdauung ausüben, rühren vielleicht von ähnlichen Beziehungen her, wie sie sich nach der doppelten Vagustrennung vorübergehend geltend machen.

§. 1010. Die Thatsache, dass die **Gallenabsonderung** ihre grösste Höhe zur Zeit der Dünndarmverdauung erreicht, beweist nicht, dass hier ein Nerveneinfluss mitwirkt. Da die von den Blutadern des Magens aufgenommenen Stoffe in die Leber mittelst der Pfortader übergehen und sich dasselbe für den Dünndarm wiederholt, so kann dieser Umstand allein von der Vermehrung der Gallenbildung Rechenschaft geben. Der dann eintretende reichlichere Abfluss der Galle in den Darm und die strotzende Füllung der Gallenblase in verhungerten Menschen und Thieren hängen mit den Bewegungserscheinungen der Gallengänge und der Gallenblase zusammen. Da es vorkommt, dass die Beziehungen der Galle zu den Verdauungserscheinungen keine sichtliche Veränderung nach der Zerstörung des Lendenmarkes und des untersten Theiles des Brustmarkes der Säugethiere oder des Menschen darbieten, so folgt, dass ein Theil der Nerven, welche die Gallenbildung beeinflussen, das centrale Nervensystem erst an höheren Stellen erreicht. Die doppelte Vagustrennung ändert weder die Menge noch die Beschaffenheit der Galle in sichtlicher Weise. Sie hebt nicht nothwendig die Amyloid- oder die Zuckerbildung in der Leber auf, wie die Versuche von Moos am ausführlichsten zeigten. Man weiss bis jetzt nicht, ob der sympathische Nerv in dieser Beziehung wirksamer ist. Der Einfluss, den leidenschaftliche Erregungen auf die Gallenabsonderung ausüben, lehrt im Allgemeinen, dass sich diese unter dem Einflusse des Nervensystemes ändern kann. Man kennt bis jetzt keine Thatsache, welche die unmittelbare Abhängigkeit der Ausscheidung des Amyloidkörpers der Leber von dem Nervensysteme nachwiese. Wir werden aber bei der Betrachtung des Harnes sehen, dass sich oft genug ein mittelbarer Einfluss geltend macht.

§. 1011. Die Bereitung des **Bauchspeichels** ist eben so periodisch, als die des Mundspeichels. Seine Zusammensetzung wechselt bedeutender zu verschiedenen Zeiten. Die Bauchspeicheldrüse scheint während des anhaltenden Hungerns gänzlich zu ruhen oder wenigstens nur sehr geringe Mengen abzusondern. Die Zeit der Dünndarmverdauung liefert nicht nur das Maximum eines alkalischen Pancreassaftes, sondern auch eine Absonderung, die Fleisch vollständig verdaut und daher eine klare Lösung gibt, nicht aber Parapepton, wie bei der Verflüssigung des Eiweisses durch den Magensaft als beigemengte Flocken zurücklässt. Diese Eigenschaft fehlt dem Mundspeichel. Er und der Bauchspeichel besitzen aber zu allen Zeiten die Fähigkeit, aufgelockerte Stärke in Zucker über-

zuführen. Man konnte bis jetzt noch nicht nachweisen, dass die Absonderung des Bauchspeichels von den Nervenästen des Pancreas eben so abhängt, als die des Mundspeichels von den ihnen zugewiesenen Nerven. Die Bauchspeicheldrüse von Hunden erscheint nicht röther als gewöhnlich und oft genug auffallend blass, wenn sie gerade jenen Fleisch verdauenden Bauchspeichel während der Dünndarmverdauung am reichlichsten liefert. Die Ausrottung der drei Ganglia semilunaria, die Quertheilung des Rückenmarkes in der Höhe der vorletzten bis viertletzten Rippe oder die Entfernung der Milz raubt nach SCHIFF dem Pancreassafte des Hundes die Fähigkeit, Eiweisskörper zu lösen. Das Vermögen, diese zu verflüssigen erhöht sich dafür im Magen des milzlosen Thieres in auffallendstem Maasse. Man kann sonst die Ladung des Pancreas begünstigen, wenn man künstlich verdaute Eiweisskörper, sogenannte Peptonlösungen in den Magen oder das Blut spritzt. Dieses Hülfsmittel nützt nicht mehr nach den erwähnten Nervenverletzungen.

§. 1012. Die breiigte Erweichung der Kothmassen und die Entleerung eines glasartigen Schleimes, die BUDGE nach der Ausrottung des Sonnengeflechtes und des oberen Gekrösknotens des Kaninchens nur ein Mal unter 34 Fällen vermisste, liefern eine Andeutung, welche Bahnen die Nerven einschlagen, deren Mitwirkung die Absonderungen des Darmes nach Reizungen des centralen Nervensystemes vergrössert. Der Sympathicus enthält hier die Hauptwege eben so, wie bei der Leberthätigkeit.

§. 1013. LUDWIG fand schon, dass man die Nierengefässe junger Hunde und Katzen von dem Rücken aus blosslegen und die an ihnen dahingehenden Nerven durchschneiden kann, ohne dass sich später die Menge oder die Beschaffenheit des Harnes ändert. Sie wechselt dagegen mit der Menge und der Mischung des durchströmenden Blutes. Der Urin wird daher auch zu dem zur Ausfuhr bestimmten Spülwasser des lebenden Körpers. Er behält oft seine gewöhnliche Beschaffenheit in Paraplegieen, die Blase mag krampfhaft geschlossen oder fortwährend offen sein und daher der Harn zurückgehalten oder unwillkürlich entleert werden. Scheint er einen grösseren Ammoniakgehalt in dem zweiten Falle darzubieten, so rührt dieser nicht von der ursprünglichen Absonderung, sondern nur davon her, dass Urinreste an dem Kranken und dessen Lager haften bleiben, die sich allmählich zersetzen und kohlensaueres Ammoniak aus Harnstoff erzeugen.

§. 1014. Unterliegt es auf diese Weise keinem Zweifel, dass eine regelrechte Harnabsonderung nach der Trennung der die Nierengefässe begleitenden Nerven möglich bleibt, so können doch auch anderseits Nerveneinflüsse die Harnabsonderung auf das Nachdrücklichste ändern. Man muss in dieser Hinsicht drei Fälle unterscheiden. Die Nervenverletzung wirkt nicht unmittelbar auf die Nieren, sondern auf die Leber oder andere Theile. Stoffe, wie Zucker, treten hierdurch in reichlicherem Maasse in dem Blute auf und werden durch die Nieren in grösseren Mengen ausgeschieden. Ein jedes Hinderniss, das sich dem Ausflusse des Blutes aus den Nieren entgegengesetzt und daher den Seitenwanddruck in den Haargefässen und den Malpighi'schen Körpern erhöht, führt zum Durchtritt von Eiweiss und Blutkörperchen (§. 940), so wie es eine gewisse Höhe erreicht hat. Da einzelne Nervenverletzungen die Absonderung von blutigem und eiweissreichem Harn ebenfalls zur Folge haben, so darf man annehmen, dass auch sie es bedingen können, dass verhältnissmässig mehr Blut in die Nieren ein- als ausströmt. Man hat bis jetzt die Ursache dieser Nervenwirkung nicht entdeckt. Die dritte bald zu betrachtende Art von Einflüssen endlich, durch welche die Nierenmasse selbst zerstört wird, muss als die räthselhafteste von allen angesehen werden.

§. 1015. Ein Amyloidkörper setzt sich in der Form von Körnchen in dem Innern der Leberzellen unter günstigen Nahrungsverhältnissen ab. Da Leberstücke, die man dem lebenden Thiere entnahm oder das Lebervenenblut, nicht aber das Pfortaderblut die Reaction auf Fruchtzucker oder Glycose den meisten Forschern darboten, so schloss man, dass das Blut einen Gährungserreger enthält, der das Leberamyloid in Zucker verwandelt. Dieser wird hierauf durch die untere Hohlvene und das rechte Herz in die Lungen geführt und theilweise verbrannt. Das Schlagaderblut des gesunden Menschen oder Thieres enthält so wenig Zucker, dass keine merklichen Spuren oder nur geringe Mengen desselben in den Harn unter regelrechten Verhältnissen übergehen. Man hat aber den entgegengesetzten Fall, die sogenannte Zuckerharnruhr (Diabetes mellitus), die nicht nothwendiger Weise mit einer bedeutenden Vergrösserung der Harnmenge verbunden ist, wenn das Schlagaderblut beträchtlichere Massen von Zucker enthält. Geht in der That ein Theil des Amyloidkörpers in der Leber in Zucker über, so braucht sich diese Umwandlung nur zu vergrössern und viel mehr Zucker, als verbrennen kann, in das Blut überzutreten, damit die Zuckerharnruhr

zum Vorschein komme. Ein Gehalt von ungefähr $\frac{1}{3}$% Zucker im Blute reicht in dieser Hinsicht im Kaninchen nach SCHIFF hin. PAVY dagegen glaubt gefunden zu haben, dass die Zuckerreaction der Leber und des Blutes der Lebervenen unmittelbar nach dem Tode, nicht aber während des Lebens auftrete, dass also der Zuckergehalt der Leber eine Leichenerscheinung bilde. Wäre dieses der Fall, so müsste man annehmen, dass sich ein Zwischenkörper der Amyloid-Zuckergruppe im Blute befindet, der in reichlicher Menge in Zucker übergeführt wird, wenn dieser in grösserer Masse in dem Harne erscheint. So viel ist sicher, dass verhungerte Säugethiere und Frösche, die man am Ende der Winterzeit aus ihren Aufenthaltsorten ausgegraben hat, nur Amyloid und keinen Zucker und später jenes und Dextrin in ihrer Leber zu enthalten pflegen. Die des Leichnames liefert keinen Zucker nach allen, irgend lange anhaltenden Krankheiten. Man vermisst ihn daher in den gewöhnlichen menschlichen Leichen und in den meisten Thieren, die in Folge physiologischer Eingriffe gestorben sind.

§. 1016. BERNARD fand zuerst, dass ein Einstich in denjenigen Theil des Bodens des vierten Ventrikels, der zwischen den Austrittsstellen der Gehör- und der herumschweifenden Nerven liegt, die sogenannte Piquure oder der Zuckerstich Zuckerharn in Hunden und Kaninchen erzeugt. Die späteren Versuche, und zwar vorzugsweise die von SCHIFF[1]) haben nachgewiesen, dass hier wiederum Einflüsse durchgreifen, die sich längs eines grossen Theiles des centralen und eines entsprechenden Abschnitts des peripherischen Nervensystemes verfolgen lassen. Die Bahn geht von den Sehhügeln, den Grosshirnschenkeln und besonders der Brücke und dem verlängerten Marke durch die Vorderstränge des oberen Theiles des Rückenmarkes, den Grenzstrang des sympathischen Nerven, die Eingeweidenerven (R. R. splanchnici) und den Sonnenknoten zur Leber. Die Reizung oder die Trennung irgend eines Bezirkes dieser Zwischenwege kann zur Erweiterung der Lebergefässe und zu reichlichem Zuckergehalte des Harnes führen. Dieser nimmt aber in Fröschen wiederum ab, nachdem man die in die Leber eintretenden Gefässe umschnürt hat. Man muss also den Herd der den Zucker erzeugenden Körper in der Leber und nicht in den Nieren suchen.

---

[1]) J. M. SCHIFF, Untersuchungen über die Zuckerbildung in der Leber und den Einfluss des Nervensystemes auf die Erzeugung des Diabetes. Würzburg 1859. 8. S. 73—120.

§. 1017. Die verschiedensten Erregungen des centralen Nervensystemes, wie die langsame Aetherisation, anhaltende Starrkrämpfe in Folge von Strychnin- oder anderen Vergiftungen, Nervenverletzungen, besonders die doppelte Vagustrennung oder die Reizung der Hinterstränge des Rückenmarkes und am leichtesten Eingriffe, die den vierten Ventrikel, vorzugsweise die Gegend des Stilling'schen Hypoglossuskernes treffen, daher auch Wasserergüsse in dem Bezirke der Rautengrube können die Zuckerharnruhr herbeiführen. Die Fälle, welche dem Arzte begegnen, bilden auch meistentheils nur den Ausdruck eines tieferen Nervenleidens. Die Gefahr liegt nicht in der Ausfuhr der Zuckermengen, sondern in den Krankheiten einzelner Theile des centralen Nervensystemes, die sich oft im Anfange nur durch jenes Merkmal, später aber auch durch andere beunruhigendere Zeichen verrathen und nicht selten den Tod nach scheinbar unbedeutenden Ursachen herbeiführen.

§. 1018. Spritzt man Dextrin in die Blutadern von Kaninchen ein oder lässt man Frösche Tage lang in einer Dextrinlösung sitzen, so führt nach SCHIFF die Leber des unmittelbar vorher getödteten Thieres Amyloid, und keinen Zucker, weil das Dextrin den Gährungserreger des Blutes in Anspruch genommen hat. Der Zuckergehalt des letzteren kann aus demselben Grunde so zunehmen, dass ein nicht unbedeutender Theil in den Harn übergeht. Dieses erklärt es, wesshalb der Urin von Menschen, die dextrinhaltige Nahrungsmittel, also zunächst Brod oder unmittelbar Fruchtzucker in reichlicher Menge genossen haben, leicht nachweisbare Mengen von Zucker enthält. Macht man aber den Zuckerstich in einem Kaninchen, dessen Leber durch Dextrin auf die oben erwähnte Weise verändert worden, ohne dass der Harn viel Zucker enthält, so führt dieser später Eiweiss und keine beträchtlichen Zuckermengen.

§. 1019. Der Zuckergehalt des Harnes, den eine der erwähnten Nervenverletzungen erzeugt hat, nimmt nach einiger Zeit ab. Ein neuer Eingriff, wie der frühere, an demselben oder an einem anderen Orte kann die Zuckerharnruhr abermals hervorrufen.

§. 1020. Man findet nicht selten Eiweissharn mit oder ohne Austritt von Blut nach einzelnen Verletzungen des centralen Nervensystemes, der Vagustrennung, der Durchschneidung des Bauchtheiles des sympathischen Nerven oder der Zerstörung der Nierennerven. Der Zuckerstich hat bisweilen zur Folge, dass der Harn Eiweiss und Fruchtzucker zugleich enthält. Es fehlt aber auch oft, ohne dass sich die Ursache des Unterschiedes angeben liesse. Da die

Erhöhung des Seitendruckes, der auf den Blutgefässwänden lastet, oder eine zu grosse Porosität der bei der Harnabsonderung thätigen thierischen Häute, den Eiweissgehalt des Urines ebenfalls erzeugt, so liefert sein Vorkommen keinen sicheren Rückschluss auf das Vorhandensein von Nervenleiden. Hat man z. B. die Haut eines Kaninchens mit Firniss bestrichen, so dass das Thier nach kurzer Zeit zu Grunde geht, so findet man häufig Eiweiss in dem Harne, den die Blase des Leichnames enthält, weil der Firniss die Hautausdünstung unterdrückte, sich daher mehr Wasser im Blute anhäufte, eine wässrige Plethora entstand und der Seitendruck auf die Blutgefässe zunahm. Man kann auch auf diese Art Eiweissharn durch die Einspritzung einer passenden Wassermenge in das Blut erzeugen. Die Albuminurie Wassersüchtiger geht nicht selten aus der gleichen Ursache hervor.

§. 1021. Obgleich der Muskelzucker oder der Inosit mit dem verzehrten Fleische, den grünen Bohnen und anderen Gemüsen in den Körper eingeführt wird, so enthält doch der gesunde Harn des Menschen keine nachweisbare Menge dieses Körpers. Dasselbe gilt auch für den Urin der Haussäugethiere. GALLOIS[1]) fand dagegen bisweilen Inosit in einzelnen eiweissreichen Harnarten kranker Personen, ohne dass sich bis jetzt angeben liesse, ob diese Inosurie ebenfalls von Nervenleiden ausgeht, wie die gewöhnliche Zuckerharnruhr.

§. 1022. Die Mengen von Harnstoff, Harnsäure, Hippursäure, Kreatin und anderer seltener vorkommender Verbindungen des Harnes wechseln mit der durch die Verdauung bedingten Aufsaugung der Nahrungsmittel und dem von den Körperthätigkeiten abhängigen Umsatze der Gewebe. Leiden des Nervensystemes müssen daher oft genug die Zusammensetzung des Harnes mittelbar ändern. Die grossen Schwankungen, die schon in gesundem Zustande vorkommen und die Unvollkommenheit der quantitativen Bestimmungsarten der meisten jener Körper hinderten bis jetzt, zuverlässige Ergebnisse auf diesem Gebiete zu gewinnen.

§. 1023. JOH. MÜLLER und PEIPERS umschnürten die Nierengefässe so fest als möglich und lösten hierauf die Ligatur, damit nur die Nerventhätigkeit, nicht aber der Blutlauf gestört würde. Hatten sie den Versuch im Schafe angestellt, so zeigte sich später

---

1) N. GALLOIS in Brown-Séquard et Robin Journal de l'Anatomie et de la Physiologie. Tome I. 1864. p. 224.

die Niere erweicht und ging rasch in Fäulniss über. LUDWIG sah in dem gleichen Falle einen so hohen Grad von Verflüssigung der Nierenmasse des Kaninchens, dass nur Flocken nach dem Einschneiden der gespannten Kapsel hervortraten. SCHULZ, BIDDER und ADELMANN erkannten keine Spur der Katzennieren mehr, wenn sie die eine Nierenschlag- und Nierenblutader, die Nerven und den Harnleiter 36 oder 78 Stunden vorher unterbunden hatten. Diese nicht näher erklärbare durchgreifende Verödung des Nierengewebes findet sich nur ausnahmsweise nach der Umschnürung der Nierennerven und der späteren Lösung des Unterbindungsfadens. Man erhält in der Regel nur die Zeichen der Blutstockung in den Nieren und blutigen oder bloss eiweisshaltigen Harn in Folge derselben.

§. 1024. So nachdrücklich sich auch die Nervenwirkung für die Bewegungserscheinungen der einzelnen Theile der männlichen und der weiblichen Geschlechtswerkzeuge geltend macht, so wenig liess sich bis jetzt ein unmittelbarer Einfluss der Nerven auf die Samenbereitung oder die Menstrualblutung nachweisen. Man kann die plötzliche Aenderung oder die Unterdrückung der weiblichen Regeln durch heftige Gemüthsbewegungen, als eine Wirkung der krampfhaften Verengerung und daher auch der Verkleinerung der Poren der Blutgefässe (§. 940 fgg.) ansehen. Ist dieses richtig, so muss es einen Zwischenfall geben, in welchem die aus den Geschlechtswerkzeugen abgehende Flüssigkeit keine Blutkörperchen enthält und daher blasser erscheint.

§. 1025. Die tägliche Erfahrung lehrt, dass plötzliche geistige Aufregungen, wie Schreck oder Trauer die Menge und die Beschaffenheit der Milch ändern können. Unser gegenwärtiges Wissen gibt noch keine näheren Aufschlüsse über diese Wirkungsweise. Die Milchdrüsen der Ziege werden von dem Darm-Leistennerven (N. ileoinguinalis) und dem äusseren Samennerven (N. spermaticus externus) versorgt. Hatte ECKHARD diesen zweiten Nervenstamm durchschnitten, so verrieth sich in der Folge kein sichtlicher Einfluss auf die Menge der abgesonderten Milch. Reizte man den peripherischen Abschnitt des Nerven, dessen Trennung Schmerz verursacht hatte, mit elektrischen Wechselströmen, so wurde die Brustdrüse hart und in hohem Grade geröthet.

V. Einfluss des Blutes auf die Nerventhätigkeit.

§. 1026. Der periodisch verstärkte Blutstrom und der Wechsel der Athmungsthätigkeit erzeugen die sogenannten Hirn- und Rückenmarksbewegungen. Treibt die Zusammenziehung der linken Kammer mehr Blut in die Schlagadern, als aus den Venen gleichzeitig abläuft, so kann die freigelegte nachgiebige Masse des centralen Nervensystemes mit der Zusammenziehung und der Erschlaffung der Kammern an- und abschwellen. Füllen sich die Basilararterie und die ganze Willis'sche Schlagaderverbindung zwischen Carotis und Vertebralis stärker mit Blut, so ist es möglich, dass die Hirnmasse emporgeht und später wiederum heruntersinkt. Die Summe dieser Wechselerscheinungen bildet die arterielle Hirnbewegung.

§. 1027. Die mässigen Ein- und Ausathmungsbewegungen der ruhigen Athmung wirken nicht merklich auf das Herz und den Blutdruck. Die tiefe Athmung dagegen führt zu durchgreifenden Aenderungen. Man stellte sich früher vor, dass der negative Einathmungsdruck den arteriellen Blutdruck anhaltend vermindert und der positive Ausathmungsdruck ihn während seiner ganzen Wirkungszeit vergrössert. Die Versuche, die LUDWIG und EINBRODT an Hunden machten und die Beobachtungen, die ich an erstarrten Murmelthieren anstellte, lehrten, dass der Gang verwickelter ist. Die tiefe Einathmung erzeugt im Anfange eine Abnahme und später eine Erhöhung des arteriellen Blutdruckes, weil auch Blut in das Herz eingesogen wird, dieses alsdann mehr Blut in die Schlagadern giesst und die Reizbarkeit der Herzmasse durch das erfrischte Blut steigt. Da das Gleiche noch an dem Anfange der Ausathmung fortdauert und der positive Ausathmungsdruck hinzukommt, so wächst zuerst die Grösse des arteriellen Blutdruckes bis zu ihrem höchsten Werthe. Sie nimmt aber später wiederum ab, weil der Zufluss des Blutes durch die Blutadern vermöge des auf der Brust lastenden Ausathmungsdruckes abgenommen hat. Athmet man tief ein und unmittelbar darauf kräftig aus, so sinkt, wie man sieht, der arterielle Blutdruck auf ein Minimum und steigt hierauf während der Einathmung, setzt seine Erhöhung bis zu einem Maximum während der Ausathmung fort und fällt wiederum während eines späteren Zeitabschnittes desselben. Diese Aenderungen erzeugen zugleich die Athembewegungen des Hirnes und des Rückenmarkes, wenn die stärkere Füllung der Schlagadern und der verminderte Abfluss aus den Blutadern und den Sinus die blossgelegten Massen

des centralen Nervensystemes auszudehnen und zu verschieben im Stande sind. Die eben gegebene Darstellung lehrt aber, dass der Ortswechsel der Nervenmassen den tiefen Athembewegungen der Zeit nach nicht genau entspricht. Die Senkung kann vor dem Ende der Ein- und die Hebung vor dem der Ausathmung aufhören.

§. 1028. Da der Schädel und die Wirbelsäule allseitig abgeschlossen sind, so können nur dann ihre Inhaltsmassen an Volumen zunehmen, wenn der von ihnen ausgehende Druck grösser als der von den Wänden geleistete Widerstand ist. Denkt man sich diese vollkommen starr, so muss ein jeder Ueberschuss von Blut, der in das centrale Nervensystem tritt, eine entsprechende Menge anderer Flüssigkeit z. B. von Lymphe verdrängen. Der Schädel des Erwachsenen bildet eine unausdehnbare und die Wirbelsäule eine nur in geringem Grade zwischen den Wirbelbogen nachgiebige Kapsel. Die festen und die flüssigen Bestandtheile der in beiden enthaltenen Gewebe sind für die Drucke, die hier in Betracht kommen, als incompressibel anzusehen. Tritt mehr Blut in das Gehirn ein oder weniger Blut aus demselben heraus, so weicht Cerebrospinalflüssigkeit und möglicher Weise auch Lymphe nach dem Wirbelcanale aus. Merkliche Hirnbewegungen werden aber erst möglich, wenn der Schädel an irgend einer Stelle durch die Trepanation oder eine andere Verletzung geöffnet worden. Man sieht sie dagegen an gesunden Kindern, so lange als die Knorpelmassen der Fontanellen besonders der grossen, den nöthigen Spielraum den Ortsveränderungen gestatten.

§. 1029. Tritt ein Theil der Cerebrospinalflüssigkeit nach der Eröffnung der Wirbelsäule oder der Trennung der zwischen Atlas und Hinterhaupt gelegenen Weichgebilde aus, so erzeugen sich hierdurch keine dauernden Nachtheile. Das Zittern und die Unsicherheit des Ganges, die man in Hunden zu bemerken pflegt, verlieren sich in der Folge. Die Cerebrospinalflüssigkeit erzeugt sich bei der Fortdauer des Blutlaufes binnen Kurzem wieder. Die Unnachgiebigkeit des Schädels und der Wirbelsäule kann ihr aber eine Wichtigkeit verleihen, die sie an und für sich nicht hat. Man findet nicht selten Fälle des immer angeborenen, weil aus einer Bildungshemmung hervorgegangenen gespaltenen Rückgrathes (Spina bifida), in denen ein Wassersack in der untersten Lenden- und der obersten Kreuzbeingegend nach hinten hervortritt. Drückt man ihn, so werden die Kranken ohnmächtig, wenn die Flüssigkeit durch den in der Regel ungewöhnlich weiten Rückenmarkscanal nach dem Schädel

emporsteigt. Hirnwassersucht ruft Betäubung hervor, wenn die Schädelwände nicht nachgeben. Hat sich dagegen die an vielen Stellen knorpelige Schädelkapsel eines Wasserkopfes hinreichend ausgedehnt, so können die geistigen Fähigkeiten selbst bei der beträchtlichsten Erweiterung der Seitenhöhlen und der entsprechenden Verdünnung der Hemisphärenwände des grossen Gehirns bis zu einem gewissen Grade erhalten bleiben. LANCERAUX glaubt beobachtet zu haben, dass die Hypertrophie des Ependyma des Rückenmarkscanales auf die benachbarten Nervenmassen ähnlich, wie der Wasserdruck wirkt und Halblähmung und erhöhte Reflexempfänglichkeit erzeugt.

§. 1030. Bildet der Schädel ein unnachgiebiges Gehäuse, so treibt die Vermehrung der Wassermenge Blut und Lymphe in entsprechendem Verhältnisse aus dem Gehirne aus. Die Ernährung und die Leistungen desselben leiden daher.. Die ungleichen Widerstände können es bewirken, dass der Druck der Flüssigkeit nicht überall die gleichen Erfolge hervorruft. Die Theilchen der Nervenfasern und der Ganglienkugeln ändern möglicherweise ihre Orte und ihre Formen. Da das Volumen des Wassers nur um 48 Milliontheile unter dem Drucke einer Atmosphäre abnimmt, so wird die die Hirngewebe durchtränkende tropfbare Flüssigkeit nur den Druck fortpflanzen, nicht aber ihren Umfang in irgend merklicher Weise ändern.

§. 1031. Die ausgedehnten Kalkablagerungen in den Schlagaderwänden alter Leute oder Blutpfröpfe, die sich unter krankhaften Verhältnissen bilden, hemmen oft den Blutlauf eines Gliedes zum grössten Theile oder gänzlich. Die Empfindung und die Bewegung verlieren sich dann in denjenigen Theilen, durch die kein Blut mehr kreist. Die Eigenwärme derselben sinkt. Die sie bedeckende Haut erblasst. Die mit Blutpfröpfen gefüllten Schlagadern fühlen sich wie harte Stränge an. Die Unterbindung einer grösseren Schlagader führt zu den gleichen Erscheinungen. Sie erzeugt überdiess noch Gefühle des Ameisenlaufens, des Stechens oder des Einschlafens in den entsprechenden Theilen z. B. im Fusse, wenn die Schenkelschlagader unterbunden worden. Diese Empfindungen verlieren sich, das Hautgefühl und die Willkürbewegungen kehren wieder, wenn der Seitenkreislauf eine hinreichende Blutmenge den leidenden Theilen zuführt.

§. 1032. Die Versuche, die man seit SWAMMERDAMM und STENSON an Thieren anstellte, ergänzten diese am Menschen ge-

wonnenen Erfahrungen in wesentlichen Punkten. Hat man die Unterleibsaorta eines lebenden Säugethieres unterhalb der Abgangsstelle der Nierenschlagadern unterbunden (Stenson'scher Versuch), so bleiben noch zwei Quellen der Blutzufuhr besonders für den obersten Theil der Hinterbeine übrig, die Epigastrica, die Blut aus der Mammaria interna bekömmt und es wiederum durch Seitenzweige an die Nachbarschaft des Beckens abgibt und die Schlagadern, die innerhalb der Wirbelsäule verlaufen. Die Ausdehnung des Unterleibes zu vorgerückteren Zeiten der Schwangerschaft kann den Zufluss durch die Epigastrica merklich verkleinern. Man wird aber diese Schlagader in jedem Falle umstechen, wenn man vollständigere Wirkungen erhalten will. Da man einen geringen Zufluss zu den oberen Theilen des Hinterbeines durch die Gefässe der Wirbelsäule nicht hindern kann, so darf man immer nur reine Erfolge an dem Fusse und dem Unterschenkel, nicht aber in der ganzen Ausdehnung des Oberschenkels erwarten. Dieses zeigt sich auch bei den Wärmemessungen. Die Eigenwärme sinkt rascher, regelmässiger und nachdrücklicher an dem Unter- als an dem Oberschenkel.

§. 1033. Die Empfindung und die willkürliche Bewegung der Hinterbeine schwinden in kurzer, aber keineswegs in einer unmerklich kleinen Zeit. Die letzten Spuren derselben erhalten sich einige und in Einzelfällen selbst zehn Minuten oder etwas länger. Die Nerven sterben dabei für die Wirkung galvanischer Reize eher, als die Muskeln ab. Ströme, die sonst nur Schliessungszuckungen hervorrufen würden, führen sogleich zu Schliessungs- und Oeffnungsverkürzungen. Der Nervenstamm verliert bald seine Kräfte in der Richtung von dem Centrum nach der Peripherie. Er beantwortet nicht mehr die stärksten Schläge des Magnetelektromotors. Der Wille kann die Muskeln der Hinterbeine in der allerersten Zeit bewegen. Diese Zusammenziehungen werden aber bald unvollkommener. Sie sind von Muskelzittern begleitet. Ihre Wiederholung lässt die vollständige Lähmung nur um so rascher auftreten. Galvanische Ströme wirken noch auf die Muskelmasse, wenn sie keinen sichtlichen Einfluss mehr auf die Nervenstämme ausüben. Die Blutgefässe verlieren ihre Reizbarkeit später, als die quergestreiften Muskelfasern. Bleibt nur die Elektricität, welche die Nerven unmittelbar durchsetzt, einflusslos, so verfallen auch schon die Muskeln nicht mehr in Starrkrämpfe, wenn das Thier durch Strychnin vergiftet worden. Die Beobachtungen von Stannius und von Brown-Séquard lehrten, dass der vollkommene Abschluss des Blut-

laufes die physikalische Beschaffenheit des Muskels in ähnlicher Weise, wie die Todtenstarre ändert und eine Rückkehr zu dem Verkürzungsvermögen durch galvanische Ströme durch die Wiederherstellung des Blutlaufes oder die Einspritzung fremden Blutes möglich ist. Dieses muss jedoch die nöthige Menge von Sauerstoff enthalten. Ist er vorher zum grössten Theile durch Stickstoff oder Wasserstoff ausgetrieben worden, so verliert das Blut die belebende Wirkung nach den Beobachtungen von BROWN-SÉQUARD. SCHIFF fand, dass der Muskelsaft von Muskeln, deren Blutbewegung gehemmt worden, andere Muskeln zu Verkürzungen anregen und steif machen kann. Greift die Zerlegung der ihres Blutlaufes beraubten Muskelmasse tiefer durch, so kann selbst eine sauere Beschaffenheit des Muskelsaftes bemerkt werden. Die Zersetzung der durch den Mangel des Blutlaufes veränderten Muskeln schreitet der der gesunden nach dem Tode um eine gewisse Grösse voran. Die Muskeln der Vorderbeine können daher todtenstarr sein, wenn die der Hinterbeine schon merklich faulen.

§. 1034. Die Empfindungs- und die Bewegungslosigkeit treten ein, wenn noch die Nerven und die Muskeln ihre richtigen Ströme am Galvanometer verrathen. Dieses gilt für gesunde, wie für neuroparalytische Glieder. Ich stellte den Stenson'schen Versuch an einer Ratte an, deren linker Hüftnerv fünf Wochen früher unterbunden worden war. Die Zehen des gelähmten Fusses blieben dann immer an einander gelegt. Die Fusssohle war nach oben hin convexer. Der Fuss schwoll ödematös an und bekam ein tiefes Geschwür an der Ferse und ein zweites an der Aussenseite der Fusssohle. Die Lähmung des linken Beines bewirkte, dass das Thier nicht selten bei dem Springen fiel. Ich betäubte es unmittelbar vor der Aortenunterbindung durch Aetherdämpfe und stach die eine Elektrode des Magnetelektromotors in den einen und die andere in den zweiten Unterschenkel. Die Muskeln des gesunden Beines verkürzten sich unter dem Einflusse der Inductionsschläge um eine merkliche Zeit früher, als die des kranken. War die Aorta unterbunden und das Thier nach ungefähr drei Minuten nach dem Abschlusse des Blutlaufes aus dem Aetherrausche erwacht, so hatten Nadelstiche keine Wirkung in dem gesunden Hinterbeine und in dem kranken mit Ausnahme des oberen Theiles des Oberschenkels desselben. Die Ratte war sogleich so munter, dass sie sich nicht bloss die Wunde leckte, sondern auch den gefühllosen Schwanz zu benagen anfing.

Untersuchte ich die Verhältnisse fünf Stunden nach der Unterbindung, so schleppte das lebhafte Thier die hintere Körperhälfte, wie eine todte Masse nach sich. Es rührte sich nicht, wenn man die Flamme einer Weingeistlampe so lange unter den Fusssohlen hielt, dass die Dräthe des Käfigs heiss wurden oder man ein Stück des Schwanzes zu Kohle verbrannte. Befestigte ich wiederum je eine der beiden Elektroden in je einem Unterschenkel, so zeigte sich keine Spur von Zusammenziehung, wenn selbst die Schläge des Magnetelektromotors so stark waren, dass ich sie mit trockenen Fingern nicht aushalten konnte. Der gesunde Oberschenkel schien noch etwas empfindlich zu sein. Die gelähmte Fusssohle fühlte sich merklich kälter als die gesunde an.

Brauchte ich 15,000 Windungen und die Nebenschliessung des Sauerwald'schen Galvanometers, so trieben die natürliche Längsfläche und der künstliche Querschnitt eines Sartorius des Frosches die Nadel an die Hemmung und hielten sie später in der Nähe derselben. Eine aus dem gesunden Unterschenkel der lebenden Ratte ausgeschnittene Muskelprobe von nahezu den gleichen Durchmessern, wie jener Sartoriusabschnitt, lieferte einen ersten Ausschlag von 85° und eine Ruhelage von 37° bei halbem Galvanometer allein. Eine ähnliche Muskelprobe aus dem kranken Unterschenkel führte die Nadel an die Hemmung und liess sie später bei 74° stehen bleiben. Da sich auf diese Weise ein nur wenig geschwächter richtiger Muskelstrom fünf bis sechs Stunden nach der Aortenunterbindung zeigte, das Verkürzungsvermögen der galvanisch gereizten Muskeln aber eine geraume Zeit vorher geschwunden war, so folgt, dass der Mangel des Blutlaufes dem Muskel seine Fähigkeit der Zusammenziehung rauben kann, ohne dass sein richtiger Muskelstrom aufhört, geschweige denn sich vermöge der Todtenstarre umkehrt.

Die Ratte starb zwischen 8 und 10 Stunden nach der Aortenunterbindung. Die Untersuchung der einzelnen Theile der Leiche wurde erst am folgenden Tage 23 bis 24 Stunden nach jenem Eingriffe vorgenommen. Die beiden Hinterfüsse waren biegsam, der gelähmte in dem ersten Versuche vielleicht etwas mehr, als der gesunde. Die stärksten Schläge des Magnetelektromotors führten zu keiner Spur von Bewegung in den Vorder- oder den Hinterbeinen. Ein dünner Stamm des Achselgeflechtes lieferte einen richtigen Nervenstrom von 14° und nach dem Umlegen einen solchen von 13° bei 30,000 Windungen des Galvanometers. Derjenige Theil

des kranken Hüftnerven, der oberhalb der Unterbindungsstelle lag, gab einen richtigen Nervenstrom von 5⁰ und einen solchen von 10⁰ nach dem Umlegen. Die Primitivfasern zeigten keinen Unterschied von gesunden Fasern und lieferten die gewöhnliche negative Wirkung in polarisirtem Lichte (§. 75.). Diejenige Abtheilung des Hüftnerven dagegen, die sich unterhalb der Unterbindung befand, gab einen umgekehrten Strom von 5⁰ bei dem ersten Auflegen sowohl als nach dem Umlegen. Die in reichlichem Bindegewebe eingehüllten Nervenfasern führten Markmassen, die sich meist auf der Stufe der Querlinien oder der gesonderten Vierecke (§. 92.) befanden. Geronnene körnige Zwischenmassen oder selbst leere Hüllen fanden sich ausnahmsweise an einzelnen Stellen. Die geronnenen Massen besassen eine kräftige Doppelbrechung. Einzelne von ihnen zeigten Kreuze oder unregelmässige dunkle Linien. Sie wirkten stark negativ. Die neben diesem peripherischen Abschnitte liegende Muskelmasse gab noch einen richtigen Strom von 5⁰ und bei dem Umlegen einen solchen von 6⁰ für die natürliche Längsfläche und den künstlichen Querschnitt. Viele ihrer Fasern hatten Querstreifen und Längsfäden. Sie waren in Bezug auf ihre Längsachse optisch positiv und lieferten den sogenannten Disdiaklastenwechsel an vielen Faltungsstellen. Der Hüftnerv der gesunden Seite endlich verrieth einen richtigen Nervenstrom von 12⁰ und einen solchen von 14⁰ nach dem Umlegen. Die neben ihm befindlichen Muskelmassen zeigten richtige Ströme. Sie waren von zahlreichen mit Blut gefüllten Haargefässen durchzogen. Keine einzige der am Galvanometer untersuchten Muskelproben des gesunden oder des kranken Beines zog sich unter dem Einflusse der stärksten Schläge des Magnetelektromotors zusammen.

Diese Erfahrungen lehren, dass nicht bloss die völlig unthätigen Muskeln, sondern auch die früher absterbenden Nerven ihren richtigen Nervenstrom lange nach dem Tode beibehalten. Man hat hier eine neue Bestätigung der schon §. 245. fgg. besprochenen Erscheinung, dass die Wirkungen auf das Galvanometer und die Lebensthätigkeiten der Nerven und der Muskeln nach verschiedenen Richtungen auseinander gehen können.

§. 1035. Wurde die Unterleibsaorta so hoch als möglich unterbunden, so geht auch das Empfindungsvermögen des untersten Theiles des Rückenmarkes verloren. Der Mangel seiner Bewegungseinflüsse lässt sich natürlich nicht nachweisen, weil schon die dem Blutlaufe entzogenen Nerven die gewöhnliche Wirkung unmöglich

machen. Da die Muskeln und die Nerven unthätig werden, wenn der Kreislauf für sie allein aufgehoben ist, so folgt, dass hier örtliche Ernährungsstörungen und nicht erst der Einfluss des centralen Nervensystemes die Lähmung herbeiführt. Sie tritt auf, die Haargefässe der Nerven oder der Muskeln mögen leer oder mit stockendem Blut gefüllt sein. Dieser zweite Fall zeigt aber, dass die ruhende Blutmasse nicht ausreicht, die Gewebe für eine irgend längere Zeit zu beleben. Die Stoffe, welche diese Wirkung ausüben und unter diesen besonders der Sauerstoff, müssen immer von dem Blute von neuem zugeführt werden. Die Nerven haben sie weit mehr als die Muskeln nöthig. Die Gewebselemente erleiden aber im Anfange so geringe Veränderungen durch den Mangel derselben, dass weder das Mikroskop noch das Galvanometer ein sicheres Zeichen der Leistungsunfähigkeit verräth, wenn die Reizbarkeitsversuche dieselbe schon in vollem Umfange nachweisen. Man darf erwarten, dass feinere Prüfungsarten auch hier die entsprechenden Unterschiede der Molecularbeschaffenheit darlegen werden. Ist der Kreislauf wiederum hergestellt, so kehrt zuerst die idiomusculäre Zusammenziehung wieder. Die galvanischen Ströme wirken bald darauf, wenn sie durch die Muskelmasse, nicht aber wenn sie durch den Nervenstamm geleitet werden. Dieser erhält endlich seine Leistungsfähigkeit ebenfalls zurück.

§. 1036. Drückte SCHIFF[1]) die Halsschlagader neben dem Kehlkopfe an sich oder an anderen gesunden Menschen zusammen, so erblasste sogleich die entsprechende Gesichtshälfte. Die Meisten sahen etwas undeutlicher. Ein Gefühl prickelnder Wärme, das eine grosse Aehnlichkeit mit dem Einschlafen der Glieder hatte, und sich bald zu dem Eindrucke der Hitze steigerte, fand sich in der gegenüberliegenden Hälfte des Gesichtes und des Rückens bis zur Mittellinie des Körpers, so wie in der oberen und der unteren Gliedmaasse der der Druckstelle entgegengesetzten Seite, vorzüglich der Hand und dem Fusse ein. Die Schmerzensempfänglichkeit nahm hier später ab und die Willkürbewegungen kamen ebenfalls unvollkommener zu Stande. Muskelzittern und selbst ausgedehntere Krämpfe traten in Ausnahmsfällen auf. Setzte man den Versuch länger als drei Minuten fort, so schwanden allmählig die Lähmungserscheinungen unter den Gefühlen des Brennens oder des Ameisenlaufens, weil sich wahrscheinlich indessen der Seitenkreislauf hergestellt hatte.

[1]) SCHIFF, Physiologie S. 108.

Man kann daher eine Carotis ohne Bedenken im Menschen unterbinden. Doch sollen auch Fälle mit nachfolgender halbseitiger Lähmung oder örtlicher Hirnerweichung vorgekommen sein. Drückt man beide Carotiden gleichzeitig zusammen, so werden bald die Hände so schwach, dass sich der Versuch von selbst beendigt.

§. 1037. Die Unterbindung der zwei Carotiden des Menschen scheint gefährlicher, als die der Säugethiere zu sein. Diese leiden nur an vorübergehender Beschleunigung des Herzschlages und der Athmung. Die Ligatur der beiden Wirbelschlagadern wirkt in ähnlicher Weise auf die Athmung und macht die Gangbewegungen des Thieres unsicherer und unregelmässiger[1]). Diese Erscheinungen verlieren sich aber ebenfalls nach der Herstellung des Seitenkreislaufes. Drückt man die Wirbelschlagadern nach der Unterbindung der Carotiden zusammen, so erzeugen sich Krämpfe. Die Pupille kann sich verengern und später erweitert bleiben, ohne dass desswegen die Erhohlung nach dem Freigeben der Wirbelschlagadern unmöglich ist. Diese Unterbrechung des Blutlaufes und der hierdurch bedingte Scheintod können länger ohne Vernichtung des Lebens dauern, wenn man indessen die künstliche Athmung unterhalten hat, als wenn dieses nicht der Fall war. Unterbindet man beide Carotiden und beide Vertebralen unmittelbar nach einander, so sterben die Kaninchen oder die Hunde nach kurzer Zeit unter Krämpfen und Betäubungserscheinungen. Das linke Herz kann dann nach KUSSMAUL und TENNER noch fortschlagen, wenn schon die Muskeln der Gliedmaassen todtenstarr geworden sind. Reichliche Speichelabsonderung, Darmbewegungen, unwillkürliche Harn- und Kothentleerung begleiten häufig die Betäubung und die Krämpfe, die vor dem Tode eintreten. Die Reflexerregung der Hornhaut erhält sich oft nach diesem länger, als die der Bindehaut der Sklerotica.

§. 1038. Die von VIRCHOW, TRAUBE, HASSE, GRÄFE und COHN beschriebene Embolie besteht darin, dass Klappenfehler des Herzens, Entartungen der Blutgefässwände oder andere Störungsursachen des Blutlaufes oder eine nicht näher anzugebende Entmischung des Blutes Pfröpfe erzeugen, die mit dem Blute kreisen und einzelne Gefässe dauernd oder vorübergehend verstopfen. Man ahmt die Folgen dieser Erscheinung in Thieren am sichersten nach, wenn man pulverförmige unlösliche Körper z. B. eine Mischung von Lycopodiumpulver und Wasser nach FLOURENS und VULPIAN, oder eine Emulsion von

[1]) SCHIFF, Physiologie. S. 109.

Wachskügelchen nach PANUM in die Gefässe spritzt. Eine Embolie der Schlagaderzweige eines Hirnbezirkes kann in dem ersten Augenblicke reizend wirken und daher Krämpfe oder Epilepsie zur Folge haben [1]. Lähmungserscheinungen [2], wie Bewusstlosigkeit, Blindheit, Taubheit, halbseitige Lähmung der Glieder, Athembeschwerden treten je nach Verschiedenheit der getroffenen Gefässe häufig auf. Es kommt vor, dass auf diese Weise eine grosse Zahl von Schlaganfällen und die sie begleitende halbseitige Lähmung in wenigen Stunden erscheint und wiederum schwindet. Erhält sich die Embolie, so kann sie später Erweichungen und andere Entartungen der Hirnmasse zur Folge haben. Kommt sie in anderen Bezirken, als in dem centralen Nervensysteme vor, so stört sie auch hier die Thätigkeit der von den verstopften Gefässen abhängigen Muskeln und Nerven. Hatte ich die Stämme der Augenschlag- und der Augenblutader des Kaninchens bei dem Versuche, den Sehnerven in der Augenhöhle zu trennen, durchschnitten, so trübten sich die Hornhaut und die Krystalllinse [3]. GRÄFE zeigte ausführlich, wie die Embolie der Netzhautgefässe zu Blindheit führen kann, wenn sich kein hinreichender Seitenkreislauf zwischen der Aderhaut und der Netzhaut herstellt [4]. Wurden von VULPIAN Bärlappsamen und Wasser in die Bauchaorta eines Hundes in peripherischer Richtung gespritzt, so verloren sich die Willkürbewegungen der Hinterbeine schon nach zwei Minuten. Die Empfindlichkeit der Zehen schwand nach ungefähr zehn Minuten und die der Leistengegend später. Der Hüftnerv wirkte nicht mehr motorisch nach 28 Minuten und der Galvanismus auf die Muskelmassen nach anderthalb Stunden. Die idiomusculäre Zusammenziehung dagegen erhielt sich zwei und eine halbe Stunde und die Empfindlichkeit des Hüftnerven über drei Stunden. Die Eigenwärme der Muskeln war auf 26° 5 C. nach der ersten Viertelstunde gesunken. PANUM [5] verstopfte die Schlagadern von Hunden durch das Eintreiben von Wachs- oder Quecksilberkügelchen oder von Luftmassen. Die Unwegsamkeit der Arterien des Darmes erzeugte Erbrechen, Durchfall, Geschwüre im Magen und in dem Dünndarme, vorzugsweise in den Peyer'schen Drüsen, brandige

[1] GERHARDT, Medicinisches Centralblatt 1864. Nr. 15. S. 220.

[2] Siehe z. B. LANCERAUX bei EISENMANN in Canstatt's Jahresbericht für 1862. Würzburg 1863. 4. S. 32—39.

[3] Siehe das Nähere De functionibus nervorum. p. 14.

[4] Ueber diesen siehe KUGEL, Gräfe's Archiv. Bd. IX. Abth. III. 1863. S. 129. 132.

[5] PANUM, Virchow's Arch. 1862. S. 251.

Zerstörung der Darmschleimhaut und in Folge derselben Fäulnisszersetzung des Blutes. Die Füllung der entsprechenden kleineren Schlagadern mit Luft führte zum Ausfallen der Haare, zu Ekchymosen, wie bei der Werlhof'schen Fleckenkrankheit, zu Ekzem der Lippen und des Zahnfleisches. Die durch Quecksilber bewirkte Embolie der Muskelarterien rief Lähmung, die der Nierenschlagadern blutigen und eiweisshaltigen Harn, die der Leberschlagader kleine Blutergüsse aus den Verzweigungen der Pfortader und feste gelb und roth gefleckte Knoten in der Lebermasse hervor. Die Embolie der Rückenmarksarterien endlich kann Krämpfe, Lähmung der von dem Rückenmarksbezirke abhängigen Nerven und die der Hirnschlagadern Starrkrampf, der spätestens nach einigen Stunden tödtet, zur Folge haben.

§. 1039. Die Unterbindung der Schlagadern lehrt schon, dass die Muskeln und in noch höherem Grade die Nervenstämme den Zufluss des hochrothen Blutes keine irgend lange Zeit zu entbehren im Stande sind. Die zu ihrer Leistungsfähigkeit nöthige Mischung befindet sich in einem so labilen Gleichgewichte, dass sie sich nur zu erhalten vermag, wenn eine fortwährende Erneuerung durch hochrothes Blut unterhalten wird. Da aber der Ersatz der Ernährungsflüssigkeit durch Wasser die Lebenseigenschaften der Muskeln und der Nerven nicht aufhebt, so handelt es sich um eine anhaltende Wiederherstellung der eigenthümlichen Masse jener Theile. Die Thatsache, dass die Nervenstämme ihre Kräfte nach dem Abschlusse der Blutbewegung früher als die Muskeln verlieren und später als sie nach Wiederherstellung des Kreislaufes wieder gewinnen, rührt wahrscheinlich davon her, dass hier eine Molecularbeschaffenheit nöthig ist, die nicht bloss den inneren, sondern auch den äusseren Widerstand der Nervenerregung überwinden muss (§. 207.).

§. 1040. Wird das in den Haargefässen der Körpertheile erzeugte dunkelrothe Blut nicht sogleich fortgeführt, schwängert es sich aus diesem oder aus einem anderen Grunde zu sehr mit Kohlensäure, so wirkt es gleich anderen örtlichen Schädlichkeiten zuerst reizend und dann lähmend ein. Man sieht daher nicht selten einzelne Muskelbündel nach der Unterbindung der Schlagadern zucken. Der Grössenwechsel des Sehloches in allen Fällen, in denen das Blut in der Regenbogenhaut oder in den sie beherrschenden Nervengebilden stockt, die Wurmbewegung der Eingeweide, welche der Aortenunterbindung nachfolgt, die Zusammenziehungen der Harnblase, der Samenblasen, der Gebärmutter, das häufig beobachtete

Gebären trächtiger Thiere, besonders der Meerschweinchen, und die Krämpfe, die den Erstickungstod begleiten, erklären sich aus den Einwirkungen des dunkelrothen Blutes.

§. 1041. Die Empfänglichkeit der Nerven und der Muskeln im Leben oder nach dem Tode nimmt mit der Erhöhung dieser von dem Blute ausgehenden Bedingungen bis zu einem gewissen Grade zu. Die schon früher (§. 883.) erwähnte Vergrösserung der Schmerzensempfindlichkeit der harten Hirnhaut, der Nervenknoten und der aus ihnen hervortretenden Aeste und selbst der sensiblen und motorischen Leistungsfähigkeit der einzelnen Theile des centralen Nervensystemes rührt wahrscheinlich von der Einwirkung des Sauerstoffes der Luft her. Ersetzt man ihn durch Wasserstoff, so fehlt die Erscheinung nach der Angabe von BROWN-SÉQUARD. Spritzt man grosse Mengen hochrothen Blutes von der Arterie aus durch die Masse eines Gliedes, so nimmt die Reizbarkeit der Muskeln und der Nerven desselben sichtlich zu, während die Einführung dunkelrothen Blutes den entgegengesetzten Erfolg nach sich zieht. Dieses kann sogar die verschiedenartigen Hyperästhesieen, die nach halbseitigen Verletzungen des Rückenmarkes und des verlängerten Markes eintreten, beseitigen. Leitet man hochrothes Blut durch die Kranzschlagadern des ruhenden Herzens, so fängt dieses häufig von neuem zu schlagen an. Die künstliche Athmung belebt dasselbe in auffallendem Grade und erhöht die Leistungsfähigkeit aller Muskeln und aller Nervenmassen, zu denen das hochrothe Blut gelangt. Unterbindet man den Anfang der Brustaorta eines frisch getödteten Kaninchens, halbirt das Thier unterhalb der Ligaturstelle und spritzt hochrothes Blut in die aufsteigende Aorta, so kann es vorkommen, dass der Kopf Athembewegungen, wie in der Erstickungsnoth macht und die Reflexempfänglichkeit der Bindehaut des Auges wiederkehrt. Gelänge es, den Gedanken von GOLTZ durchzuführen, nämlich ein abgeschnittenes Glied zu einem Seitenstück des Kreislaufsbezirkes eines lebenden Thieres zu machen, so würde es wahrscheinlich seine Lebenseigenschaften die längste Zeit bewahren. Die günstigen oder die ungünstigen Wirkungen der Anwesenheit oder des Mangels des Sauerstoffes greifen in allen Fällen schnell durch. Untergeordnete Unterschiede der Art oder der Blutmischung überhaupt erzeugen rasch die verschiedenartigsten Schwankungen der Leistungsfähigkeit in dem gesunden, wie in dem kranken Zustande. Es handelt sich aber hier um Veränderungen der Molecularbeschaffenheit, zu deren genügender Verfolgung unsere physikalischen und chemischen Hilfs-

mittel nicht ausreichen und die wir daher nur durch die Lebensleistungen zu erkennen und auszumessen im Stande sind.

§. 1042. Dasselbe gilt von den Bedingungen, welche die Reizbarkeit kürzere oder längere Zeit nach dem Tode erhalten. Die entgegengesetzten Beziehungen können hier zu dem gleichen Ziele führen. Die Empfänglichkeit der Nerven und der Muskeln der winterschlafenden Murmelthiere dauert oft sehr lange nach dem Tode. Die niedere Eigenwärme und das eigenthümlich kirschrothe Blut bilden wahrscheinlich die Ursache der Zähigkeit. Man kann etwas Aehnliches durch die künstliche Abkühlung wacher Säugethiere erreichen. Die Athmung führt dann einen dichteren Sauerstoff, also mehr an Gewicht, wenn auch nicht an Volumen ein. Man erhält aber auch umgekehrt alle Lebenserscheinungen der Muskeln und der Nerven eines Kaninchens weit länger, wenn man das Thier unmittelbar nach dem Tode in eine Wärme von 35° bis 40° bringt. Die Trennung der Nervengebilde kann ähnliche Erscheinungen in den Muskeln bedingen. Die Reizbarkeit derselben verharrt meist in dem Hinterbeine eines Frosches, dessen Hüftnerv durchschnitten worden, längere Zeit nach dem Tode als in dem gesunden Gliede. Erstickt man ein Säugethier, dessen Hüftnerv einige Zeit vorher getrennt worden, so verfällt oft das gelähmte Bein später in Krämpfe als das gesunde. Bernard gibt an, dass die Empfänglichkeit der Nerven und der Muskeln eines getödteten Kaninchens besser erhalten bleibt, wenn man das untere Halsmark sieben Stunden vorher durchschnitten hat. Die Verletzung des verlängerten Markes zieht diese Folge nicht nach sich.

§. 1043. Der Mangel des Blutlaufes übt noch einen sichtlichen Einfluss auf die Geschwindigkeit der Aufsaugung. Hat man die Bauchaorta unterhalb der Nierenschlagadern unterbunden, so werden Blutlaugensalz und Strychnin gar nicht oder in den günstigsten Fällen bei weitem langsamer, als sonst aufgesogen. Eisenchlorid kann für das Eisenkaliumcyanür und Schwefelsäure und chromsaueres Kali für das Strychnin nachweisen, dass sich beide Körper von der Anwendungsstelle aus in der Ernährungsflüssigkeit durch Diffusion verbreiten. Dieser Umstand hat nicht selten irrige Deutungen bei der Beurtheilung solcher Versuche herbeigeführt.

§. 1044. Macht man eine Reihe von Aderlässen hinter einander, so wird das Blut immer wasserreicher. Die Querschnitte der Blutgefässe verkleinern sich nicht in gleichem Verhältnisse mit der Abnahme der Blutmenge. Lymphe und Ernährungsflüssigkeit gehen

daher in reichlicher Menge in das Blut über. Dieses ist daher verhältnissmässig ärmer an Blutkörperchen. Da sie aber die Hauptträger des Blutfarbestoffes, mithin auch der Farbenänderung bilden, so wirkt der Blutverlust gleich einer Abnahme der Sauerstoffzufuhr und erzeugt daher unmittelbar ein Sinken der Nerventhätigkeit, das sich durch Schwäche und selbst durch Bewusstlosigkeit verräth, und mittelbar vermöge der verhältnissmässigen Erhöhung des Kohlensäuregehaltes des Blutes Reizerscheinungen, wie subjective Sinnestäuschungen und Muskelkrämpfe. Weil die Neubildung der Blutkörperchen eine gewisse Zeit selbst unter den günstigsten Nebenbedingungen fordert, so bleibt immer eine Reihe von Nervenstörungen nach grossen Blutverlusten lange zurück. Die Transfusionsversuche können am deutlichsten zeigen, wie ein durch Blutverluste scheintodt gewordenes Thier, das bewusstlos und ohne Willkürbewegung mit mattem Auge und erweiterter Pupille daliegt und nur nach längeren Pausen ein Mal schwach oder schnappend athmet, seine frühere Lebendigkeit in kurzem wiedergewinnt, wenn man ihm geschlagenes, aber blutkörperchenreiches Blut eines anderen Säugethieres in nöthiger Menge eingespritzt hat. Man muss es selbst gesehen haben, wie leicht die Lebenskräfte eines, wie es scheint, unrettbar verlorenen Thieres wiederkehren, um die Ueberzeugung zu gewinnen, dass die Transfusion des Blutes eines Säugethieres in die Gefässe eines Menschen selbst in den verzweifeltsten Fällen noch möglicher Weise nützen kann. So zweckmässig es ist, das Blut zu schlagen, um Embolieen (§. 1038.) zu verhüten, so wenig kommt es für die erste Belebungswirkung darauf an, dass das Blut sehr reich an Blutkörperchen sei. Der günstige Einfluss nimmt im Allgemeinen mit der Zahl der letzteren zu, weil auf diese Art eine grössere Menge von Sauerstoffträgern zugeleitet wird. Allein die ersten Besserungszeichen können schon zum Vorschein kommen, wenn eine nur mässige Menge von Blutkörperchen eingeführt worden. Da der Verblutungstod in Hunden und Kaninchen nach den Beobachtungen von Vierordt erst durchgreift, wenn die Anzahl der Blutkörperchen auf die Hälfte oder auf ein Dritttheil gesunken ist, so bleibt hier ein ziemlich grosser Spielraum offen. Es ereignet sich wahrscheinlich schon in dem unversehrten Körper oft genug, dass Störungen der Beschaffenheit vieler Blutkörperchen zu Nervenverstimmungen führen. Man darf nur nicht glauben, dass deshalb die Zahl derselben z. B. in Bleichsüchtigen nothwendig abgenommen hat, weil die Menge des in jedem Körperchen enthaltenen Blutfarbe-

stoffes innerhalb beträchtlicher Grenzen wechseln kann. VIERORDT fand selbst in gesunden Thieren, dass eine stärkere Färbung keinen Rückschluss auf die in der Volumeneinheit enthaltene Menge der Blutkörperchen gestattet.

§. 1045. Schädliche Stoffe können auf dreierlei Hauptwegen dem Nervensysteme zugeführt werden. Sie kommen mit ihm in unmittelbare Berührung, treten an einer Stelle des Körpers unmittelbar oder mittelst der Saugadern in das Blut oder werden in dieses eingespritzt. Findet keine weitere chemische Zersetzung Statt, so hängen die Erfolge von der Menge des Giftes, das auf einen bestimmten Bezirk in der Zeiteinheit wirkt und der Beschaffenheit des Nerventheiles ab. Der von den Vergiftungen handelnde Abschnitt wird uns eine Reihe von Beispielen in dieser Hinsicht liefern. Wir wollen daher hier nur eines, die Wirkung des Strychnins erläuterungsweise hervorheben.

Taucht man einen peripherischen Nerven in die wässrige Lösung eines neutralen Strychninsalzes, so erhält man im Wesentlichen nur die Erfolge des Wassers, weil sich die eigenthümlichen Einflüsse des Strychnins auf die Ganglienkugeln des verlängerten Markes und des Rückenmarkes beziehen. Hat man das Herz eines Frosches ausgeschnitten, das Rückenmark blossgelegt und Strychninlösung auf dieses gegossen, so können die eigenthümlichen tetanischen Reflexkrämpfe zum Vorschein kommen. Allein die Wirkung ist in der Regel schwächer, als man es nach der Menge des angewandten Strychnins erwartet, weil dieses nur durch Diffusion durch die weisse Masse des Rückenmarkes zu der grauen gelangt und sich hier wahrscheinlich immer ungleich vertheilt. Wird das Strychnin unter die Haut gebracht, so gehen nach und nach gewisse Mengen desselben in das Blut über, mengen sich mit diesem in inniger Weise durch Vermischung oder Osmose und durch den Blutlauf und gelangen mit ihm fein und ziemlich gleichmässig vertheilt zu einer grossen Zahl von Ganglienkugeln des verlängerten Markes und des Rückenmarkes. Die kleinsten Gaben von Strychnin können auf diese Art die grösste Reflexempfänglichkeit allmählig erzeugen. Spritzt man endlich eine verhältnissmässig starke Strychninlösung in die Drosselblutader eines Säugethieres, so stirbt es oft sogleich unter heftigem Zusammenschütteln, weil hier grosse Mengen auf ein Mal den mannichfachen Ganglienkugeln des centralen Nervensystemes zugeführt werden. Man sieht hieraus, dass der unmittelbare oder mittelbare Uebergang in das Blut auf dem Wege der Einsaugung

einen doppelten Vortheil gewährt. Der Blutlauf vertheilt das Gift auf die einzelnen Ganglienkugeln nach Maassgabe der Haargefässe derselben. Da ein Minimum in jedem kleinen Zeittheile neu hinzukommt, so kann das Gift die Beschaffenheit der Ganglienkugeln allmähliger ändern und eine Reihe von Zwischenwirkungen vor der völligen Lähmung erzeugen.

§. 1046. Alle Stoffe, die es den Blutkörperchen und dem Blutfarbestoffe überhaupt unmöglich machen, Sauerstoff aufzunehmen oder die dem belebenden Blute zukommenden Eigenschaften zu gewinnen, führen den Tod auf dem Wege der Athmungshemmung oder richtiger durch den Mangel des nöthigen ununterbrochenen Verbrennungsprocesses im Gehirn herbei. LIEBIG schrieb z. B. diese Wirkungsweise dem Chlor und dem Schwefelwasserstoffe zu. Es ist kaum wahrscheinlich, dass das in den Blutkörperchen erzeugte Chlor- oder Schwefeleisen den Uebergang von dunkelrothem in hellrothes Blut hindert. BERNARD leitet die tödtliche Wirkung des Kohlenoxyds davon her, dass es sich des Sauerstoffes der Blutkörperchen bemächtigt und diese unfähig macht, neuen Sauerstoff aufzunehmen. Andere Gifte schaden dadurch, dass sie in die Blutflüssigkeit und aus dieser in die Nervengewebe übergehen. Die Beschaffenheit der letzteren bestimmt dann, welche Arten von Erfolg zum Vorschein kommen.

§. 1047. Da der Weingeist nach dem Genusse geistiger Getränke aus den Lungen unverändert abdunstet, so gelangt er auch als solcher aus dem Blute zu den Nervengeweben. Die Markmassen werden zuerst beweglicher und dann unbeweglich, wenn die sogenannte Gerinnung des Markes eingreift. Die höhere Reizbarkeit, die fröhlichere Gemüthsstimmung und später die Gleichgewichtsstörungen der Betrunkenen rühren nicht hiervon, sondern von einer sich immer mehr steigernden grösseren Empfänglichkeit der Ganglienkugeln her. Sie verliert sich in gewöhnlichen Fällen, bleibt aber zurück und drückt sich als Säuferzittern aus, wenn sich der Eingriff allzuhäufig wiederholt hat.

§. 1048. Die Betäubung durch Aether- und durch Chloroformdämpfe kann mehrere der über die Wirkungen des Blutlaufes aufgestellten Sätze näher erläutern. Dieselbe Menge von Aether, die in Dampfform eingeathmet worden, wirkt stärker, als wenn man sie tropfbar flüssig in den Mastdarm gespritzt hat. Während jene zu Bewusstlosigkeit führt, kann dieser Erfolg bei der zweiten Anwendungsart ausbleiben und dafür eine grössere Reflexempfänglich-

keit des Rückenmarkes zum Vorschein kommen. Man hat daher verschiedene Wirkungen, je nachdem der Aetherdampf wie ein Gas von dem Blute verschluckt oder als flüssiger Aether in ihm enthalten ist. Chloroform erzeugt nach KUSSMAUL Todtenstarre des Gliedes, wenn es in geringer Menge in die Schlagadern desselben eingespritzt worden. Nur Senföl, Anisöl und Fenchelöl wirken in ähnlicher Weise in eben so kleinen Gaben. Spritzt man Chloroform so ein, dass es mit dem Blute zu dem centralen Nervensysteme in reichlicher Menge geführt wird, so stirbt das Thier in kurzer Zeit.

Die Reihenfolge der Einzelerscheinungen, die sich bei dem Einathmen der Aether- oder Chloroformdämpfe zeigen, belehrt über den Widerstand, den die einzelnen Abschnitte des Nervensystemes der Einwirkung der Aetherdämpfe entgegensetzen. Die Zeichen der erhöhten Empfänglichkeit gehen auch hier denen der Abnahme voran. Beide verrathen sich zuerst in den geistigen und den Sinnesthätigkeiten, also in den Wirkungen der grauen Massen des Gehirns. Man hat später Analgesie (§. 610.) bei noch vorhandenem Tastgefühle, zum Beweise, dass dann die grauen Massen des Rückenmarkes ihre Leistungsfähigkeit eingebüsst haben, die Erregung also den ungewöhnlichen ausschliesslichen Weg durch die weissen Hinterstränge verfolgen muss (§. 611.). Das Tastvermögen und daher auch diese Wirkung der hinteren Wurzeln der Rückenmarksnerven verlieren sich dann eher, als die Empfänglichkeit der vorderen oder der Bewegungsnerven überhaupt. Führte aber FLOURENS flüssigen Aether in die Schlagadern von Hunden in beliebiger Richtung ein, so schwand das Bewegungsvermögen eher als die Tastempfindlichkeit. Diejenigen Theile des verlängerten Markes, welche die Athembewegungen leiten, wurden zuletzt gelähmt. Die §. 1045. gemachte Bemerkung erklärt es, wesshalb die Aether- und die Chloroformdämpfe auf Frösche, deren Herz ausgeschnitten oder deren Arterienstamm unmittelbar über seiner Anschwellung unterbunden worden, langsamer wirken.

§. 1049. Der Organismus selbst stellt bisweilen eine Blutmischung her, die einzelne Nervenmassen reizt oder lähmt. Jedes zu kohlensäurehaltige Blut führt zu subjectiven Gesichts- und Gehörempfindungen, zu anderen Sinnestäuschungen, zu Schwindel und Bewusstlosigkeit und später zu Krämpfen der rothen Muskeln und nicht selten zu lebhaften Bewegungen einfacher Muskelmassen, wie der des Dünndarmes, des Mastdarmes oder der Harnblase. Die künstliche Athmung greift bisweilen so nachdrücklich durch, dass ein

purpurrothes Blut in die Venen übertritt. Die Reflexempfänglichkeit und die Erregbarkeit der Nerven und der Muskeln überhaupt vergrössern sich dann in auffallendem Grade.

§. 1050. Die Zersetzungsstoffe, die bei sogenannter Pyämie, Carbunkel, Typhus und Faulfiebern im Blute kreisen, stören und lähmen endlich die Thätigkeiten des centralen Nervensystemes. Die Schüttelfröste, die nicht selten die Entmischung des Blutes zuerst verrathen, das spätere Irrereden, die Bewusstlosigkeit und die Schlafsucht bilden nur die Folgen der krankhaften Ernährungsänderung desselben. Weder das Mikroskop noch die chemische Analyse konnte bis jetzt die näheren Verhältnisse der Aenderung der Blutmasse nachweisen. Die Urämie scheint in dieser Hinsicht etwas zugänglicher zu sein. Die von FRERICHS vertheidigte Ansicht, dass sich der Harnstoff nach der Ausrottung der Nieren nicht bloss im Blute anhäuft, sondern auch in kohlensaueres Ammoniak wie bei der Fäulniss verwandelt und dieses die wesentlichen Zeichen jenes Leidens, die Zunahme der Anzahl der Athemzüge bei Verminderung der Pulsfrequenz, die örtlichen Zuckungen oder die allgemeinen Krämpfe, die Betäubung und die Schlafsucht erzeugt, wird durch physiologische Versuche nicht gestützt. Die Einspritzung von kohlensauerm Ammoniak in das Blut wirkt allerdings schädlich. Wenn aber PETROFF angibt, Ammoniak in dem Blute, der Galle und dem Magensafte von Hunden und Katzen, deren Nieren er ausgerottet hatte, gefunden zu haben, so konnte dagegen MUNK nur geringe Mengen oder gar kein Ammoniak, wohl aber Harnstoff in den erbrochenen Massen, dem Darminhalte und dem Blute von Hunden und Kaninchen in dem gleichen Falle bemerken. Der Harnstoff und das Kreatin erschienen in reichlicherer Menge in dem Blute und den Muskeln. Fehlt die Nierenthätigkeit, so gehen die sonst durch den Harn entleerten Stoffe, also auch reichliche Wassermengen in die verschiedensten Körperhöhlen, den Magen, den Darm, die serösen Säcke und die die Gewebe tränkende Flüssigkeit über. TRAUBE suchte die urämischen Erscheinungen von dem hierbei entstehenden Oedem des centralen Nervensystemes, besonders des Gehirnes herzuleiten.

VI. Oertliche Nervenstörungen.

§. 1051. Alle Arten örtlicher Nervenstörungen, die mechanischen, die thermischen, die elektrischen und die chemischen erhöhen die Beweglichkeit der Nervenmolecüle, ehe sie sie vernichten. Kann man auch nicht diese beiden Thätigkeitsarten gesondert nachweisen, wenn die Erregung zu nachdrücklich eingreift, so fehlt doch auch dann die Stufe der erhöhten Empfänglichkeit wahrscheinlicher Weise nicht. Man darf annehmen, dass sie zu kurze Zeit dauert, als dass wir sie durch unsere Prüfungsmittel zu erkennen im Stande wären. Eine nachdrucksvolle Wirkung begleitet in der Regel das rasche Absterben eines Bezirkes der Nervenfaser. Man hat daher heftigen Schmerz oder eine kräftige Muskelzusammenziehung als äussere Zeichen der Abtödtung.

§. 1052. Eine mechanische Vorstellung kann die hier auftretenden Erscheinungen klarer machen. Befindet sich ein Körper in stabilem Gleichgewichte oder liegt sein Schwerpunkt nach dem Grundsatze von MAUPERTUIS so tief als möglich, so führt eine unendlich kleine Verrückung desselben zu einer unendlich kleinen Bewegung. Hat er dagegen nur ein labiles Gleichgewicht, so dass sein Schwerpunkt den höchstmöglichen Ort einnimmt, so kann eine unendlich kleine Verrückung eine endliche Bewegung erzeugen, weil die Masse aus dem labilen in das stabile Gleichgewicht überzugehen sucht. Der Unterschied der beiden Lagen des Schwerpunktes in diesen zwei Fällen wird die Geschwindigkeit und daher die lebendige Kraft der Bewegung wesentlich bestimmen. Die Ernährungseinflüsse des Blutes, die nur örtlich wirken, erhalten die Nervenmolecüle in einem Zustande leichter Veränderlichkeit, gewissermaassen in einem labilen Gleichgewichte, dessen Wirkung ihr mögliches Maximum unter regelrechten Verhältnissen noch nicht erreicht. Dieses kann erst durch weitere Verrückungen in seinem Sinne mittelst krankhafter Ernährungsbedingungen oder durch äussere Eingriffe hergestellt werden. Die kleinsten Verschiebungen erzeugen dann heftige Ausbrüche. Der rasche Uebergang des labilen Gleichgewichtes des Lebens in das stabile des Todes des Nervenmarkes führt aber zu den heftigen Empfindungs- und Bewegungswirkungen, welche die schnelle örtliche Vernichtung der lebendigen Leistungsfähigkeit begleiten.

§. 1053. Die Physiologie und die Medicin haben eine andere Erscheinung, die sich oft genug in den örtlichen Nervenstörungen nachdrücklich geltend macht, nicht berücksichtigt. Konnten sie den

Stimmungszustand eines Nervenbezirkes ändern, so wirkt die kranke Stelle nicht selten ungleich, je nachdem sie selbst gereizt wird, oder nur zur Durchleitung der Erregung dient (§. 593.). Der Wechsel der Molecularbeschaffenheit, der in einer beschränkten Ausdehnung des Nerven durchgegriffen hat, vermag ungleiche Einflüsse auf den inneren und den äusseren Widerstand der Nervenmolecüle (§. 207.) auszuüben.

1. Mechanische Eingriffe.

§. 1054. Die mechanischen Verletzungen haben ihre zeitlichen und ihre räumlichen Grenzen der Wirkungslosigkeit, wie jede andere Art von Störung. Eine allzurasche Nerventrennung erzeugt weder Bewegung, noch Empfindung. Dasselbe wiederholt sich, wenn die der Zeiteinheit entsprechende mechanische Wirkung klein bleibt. Man kann auf diese Weise einen Bewegungsnerven durch die sehr allmählige Umschnürung mit einem Bande für den Willenseinfluss lähmen, ohne dass vorher die Muskeln zucken. Entwickeln sich Geschwülste, welche die Nervenstämme eines Menschen beeinträchtigen, so tritt auch die hierdurch allmählig herbeigeführte Lähmung ohne vorangegangenen Schmerz und ohne Krampfzuckungen auf, sowie die Dehnung und die Zerstörung mit einer sehr geringen Geschwindigkeit durchgreift. Das Gleiche lässt sich durch ein Versuchsverfahren erhärten, das wir noch zu anderer Belehrung gebrauchen werden und daher später nur kurz mit dem Namen der Dehnung des Hüftgeflechtes bezeichnen wollen.

§. 1055. Man enthirnt einen Frosch und trennt alle in der Nachbarschaft der beiden Hüftgeflechte befindlichen Theile bis auf diese. Das Thier kommt dann auf die wagerechte Korkplatte der Schreibvorrichtung, die zum Aufzeichnen der Muskelcurven bei kreisförmiger Zeitabscisse (§. 322.) dient. Man befestigt die beiden Oberschenkel mit Nadeln, so dass sich die untere Körperhälfte nicht verrücken kann, setzt dagegen in die obere einen Haken, von dem eine über eine Rolle führende Schnur zu einer Wagschaale führt. Belastet man diese mit Gewichten, so wird die obere Körperhälfte von der unteren hinweggezogen und das Hüftgeflecht der Länge nach gedehnt. Legt man eine starke Beschwerung vorsichtig auf, so kann man es dahin bringen, dass ein durch das Rückenmark geleiteter elektrischer Strom wirkungslos bleibt, so lange die Dehnung anhält, nach dem Aufhören dagegen wiederum Zusammenziehungen der Hinterbeine erzeugt. Die Muskeln bleiben während der Dehnung

vollkommen ruhig. Dasselbe wiederholt sich, wenn man die Beschwerung allmählig verstärkt, bis die Hüftgeflechte reissen. Eine plötzliche Dehnung der Nerven oder der Muskelmasse wirkt schädlich ein. Die Hubhöhe eines Muskels nimmt schnell ab, er kann sogar seine Empfänglichkeit für immer einbüssen, wenn man das Belastungsgewicht rasch auflegt.

§. 1056. Der Schmerz und die Zuckung, welche die mit einer feinen Scheere vollführte Trennung eines gemischten Nervenstammes erzeugt, lehren schon, dass die mechanische Störung einer nur sehr kurzen Längsstrecke die Markmasse zu treffen braucht, um deren volle Wirksamkeit einzuleiten. Die Unterbindung beweist das Gleiche. Hat man z. B. den Hüftnerven einer Ratte mit einem kaum $^1/_{10}$ Millimeter dicken Seidenfaden fest umschnürt, so erhält man dieselben Lähmungserscheinungen, das fortwährende Zusammenhalten der Zehen (§. 1034.), das auch noch nach dem Tode fortdauert, den Verlust der Leistungsfähigkeit des peripherischen Nervenabschnittes, die Verminderung der Muskelreizbarkeit, den geringeren Widerstand gegen schädliche äussere Einflüsse und daher die Geschwüre in der Gegend der Ferse und des unteren Theiles der Fusssohle, endlich die gleiche Entartung des Markes, wie nach der Entfernung eines grösseren Nervenstückes. Die Unterbindung der beiden Halsvagi des Kaninchens mit Fäden von $^1/_5$ Millimeter Dicke wirkt wie die Durchschneidung. Die chemischen Störungen lehren aber, dass eine Primitivfaser, deren markiger Randtheil unthätig geworden, dessen ungeachtet noch die Erregungen mittelst ihres centralen Abschnittes fortleiten kann. Die Verödung eines vollständigen Querschnittes von einer selbst nur mikroskopischen Länge hebt dagegen die Wirkung auf. Man darf erwarten, dass das Gleiche für die mechanischen Eingriffe wiederkehrt.

§. 1057. Legt man einen Faden um den Hüftnerven eines Froschpräparates und schnürt ihn nach und nach immer fester zusammen, so erhält man eine Reihe von Zuckungen, weil dann die verschiedenen Bewegungsfasern nach einander angesprochen werden. Die hinreichend rasche successive Zerstörung einer Längsstrecke eines Bewegungsnerven durch ein Zahnrad oder durch den Tetanisator von HEIDENHAIN führt zu Starrkrämpfen und zwar aus denselben Gründen, aus welchen diese bei der elektrischen Tetanisation hervorgerufen werden (§. 339.).

§. 1058. Die Varicositäten der Nervenfasern (§. 55.) entstehen dadurch, dass sich die Markmasse anders, als gewöhnlich vertheilt,

dass sie mehr oder minder von den verschmälerten Stellen verdrängt und nach den erweiterten hinübergetrieben worden. Die Nachgiebigkeit der Hülle und des Neurilemms macht diese Querschnittsänderung möglich. Erschwert auch der Dichtigkeitsgrad des Markes oder die Beschaffenheit der übrigen Gewebe die Varicositätenbildung des lebenden peripherischen Nerven in höherem Grade als die des todten, so kann sie doch auch hier unter krankhaften Verhältnissen auftreten. Da aber die Verdrängung und die ungleiche Vertheilung der Markmolecüle die erste Wirkung mechanischer Eingriffe überhaupt bilden, so hat man hier im Wesentlichen die gleiche Erscheinung, wie bei der Erzeugung der Varicositäten der Nervenfasern.

§. 1059. Ein unendlich dünner Druck, der die Längsachse des Nerven senkrecht trifft, würde den entsprechenden Querschnitt zu verkleinern und ein anderer, der in einer jener Achse parallelen Richtung thätig ist, ihn zu vergrössern suchen. Ein schiefer liesse sich in diese beiden, wahrscheinlich auch physiologisch ungleichen Druckarten nach der Regel des Kräfteparallelogrammes auflösen. Die Versuche, die man an dem Menschen oder an Thieren anstellt und die uns zugänglichen Krankheitsfälle beziehen sich nur auf Drucke, die eine gewisse Summe von Primitivfasern umfassen. Die getroffenen Marktheilchen wirken der Länge und der Quere nach auf die ihnen benachbarten in jedem Falle ein. Die Unruhe pflanzt sich bis zu Endtheilen der Primitivfasern fort und erzeugt so die Empfindungs- oder die Bewegungserscheinungen. Wird auf diese Weise der Zusammenhang eines dünnen Querschnittes aufgehoben, so fügt dieses die spätere Lähmung der augenblicklichen Wirkung der Ortsverrückung hinzu.

§. 1060. Umschnürt man den Oberschenkel mit einem Tourniquet, so dass die umgebenden Weichgebilde den Hüftnerven drücken, so nimmt die Feinheit des Tastvermögens ab. Man hat bald darauf das Gefühl des Einschlafens, des Ameisenlaufens, des Prickelns und später des Stechens, seltener des Brennens in einzelnen Theilen des Fusses. Es bleibt auch in diesem am lebhaftesten, wenn selbst später die Empfindung gegen den Unterschenkel fortschreitet. Die Wiederkehr derselben Erscheinungen im Oberschenkelamputirten lehrt, dass nicht etwa irgend eine Störung in den peripherischen Endzweigen des Fusses oder die Tastübung die Ursache der Bevorzugung desselben bildet (§. 584.). Die Umschnürung hat zur Folge, dass die Hauptschlagadern des Gliedes beengt oder verschlossen werden. Der Blutlauf erzeugt daher eine Reihe von Stössen gegen

den gedrückten Nerven und gegen die durch das Band gepressten Theile. Die grössere Schwierigkeit der Rückkehr des Blutes aus den unterhalb der Umschnürungsstelle gelegenen Organen führt zu einer übermässigen Füllung. Sie ändert den Ernährungszustand derselben und den der entsprechenden Nervenabschnitte. Dieses macht es möglich, dass die sich mit jedem Pulsschlage wiederholenden Erregungen bewusste Empfindungen hervorrufen. Wir deuten die ihnen entsprechenden schwächeren Eindrücke als Ameisenlaufen und die stärkeren als Stechen, das seine Orte wechselt (§. 417.) Dieses kann nach dem plötzlichen Aufhören des Druckes im Anfange lebhafter werden, weil wahrscheinlich dann die Nervenmolecüle in grösseren Ausdehnungen nachschwingen, ehe sie zu ihrer Ruhelage allmählig zurückkehren. Die Tasteindrücke führen auch dann zu Schmerzen. Die Halblähmung der Willkürbewegung erhält sich neben dieser erhöhten Thätigkeit der Empfindungsnerven. Dieses bestätigt wiederum den Satz, dass die Zusammenziehung der Muskeln eine nachdrücklichere Nervenwirkung fordert, als das Auftreten der Empfindung. Die Erscheinung, dass ein mit grosser lebendiger Kraft versehener Druck, der nur kurze Zeit eingreift, also ein heftiger Stoss den Schmerz scheinbar in der Länge des Nerven dahinschiessen lässt, ist schon §. 585 beschrieben worden.

§. 1061. Die gestörte Tastempfindlichkeit und das unvollkommene Bewegungsvermögen eines Gliedes, das durch Druckwirkungen misshandelt worden, erzeugt ein gewisses Schweregefühl desselben. Oertliche Zuckungen, allgemeine Krämpfe und Ohnmacht können während oder nach den heftigeren mechanischen Eingriffen auftreten. Die Fähigkeit, Wärmeunterschiede zu erkennen, die ebenfalls gelitten hat, kehrt nach Bastien und Vulpian am spätesten zurück.

§. 1062. Harless fand zuerst, dass man den Hüftnerven des Frosches bis zu seinen feineren Verästelungen aus den Muskeln mittelst eines kräftigen Zuges herausziehen kann. Die unteren Endtheile des Nerven enthalten dann oft einzelne gesonderte Primitivfasern. Man findet nicht selten das Gleiche, wenn eine in der Längsrichtung des Nerven wirkende und die Festigkeitsgrenze desselben überschreitende Dehnung zur Zerreissung führte. Es kann in beiden Fällen vorkommen, dass die Endtheile des Markes sogleich geronnen erscheinen. Die negative Beschaffenheit desselben (§. 73.) aber erhält sich auch unter diesen Verhältnissen. Es lässt sich nach diesen Erfahrungen annehmen, dass starke Zugwirkungen,

welche den Nerven nicht zerreissen, schon dadurch lähmen können, dass sie einen Molecularumsatz des Markes herbeiführen, der die sichtliche Gerinnung erzeugt, wenn er in vergrössertem Maassstabe auftritt. Die gewöhnliche Quertrennung eines Nerven bedingt keine Markgerinnung in einer irgend merklichen Ausdehnung.

§. 1063. Hat man einen Nerven rasch ausgedehnt, so findet man nicht selten, dass das Mark an einzelnen isolirten Stellen, die nicht von den Nadeln bei der Zerfaserung des Bündels berührt worden, zerrissen, die Hülle der Primitivfasern dagegen erhalten worden. Man macht dieselbe Erfahrung an Nervenbezirken, die man mit der Pincette zusammendrückt. Die marklosen Streifen verrathen sich dann schon oft dem freien Auge durch ihre grauweisse Farbe. Das polarisirte Licht gibt hier wiederum den besten Aufschluss. Untersucht man auf rothem Gypsgrunde (§. 73.), so erscheinen die marklosen Stellen nicht gelb, sondern je nach ihrer Dicke dunkelroth, violett oder blau, wenn die Längsachse der Nervenfaser und die Achsenebene des Gypses unter $\pm$ 45° eingestellt worden. Die Endtheile des zerrissenen in der unversehrten Hülle eingeschlossenen Markes sind abgerundet oder unregelmässig begrenzt.

§. 1064. Hinreichend starke Druckwirkungen, die einen Abschnitt eines Bewegungsnerven in einer gewissen Ausdehnung seiner Länge und seines Querschnittes rasch treffen, zerstören den Markinhalt und erzeugen eine lebhafte Muskelverkürzung im Augenblicke der Einwirkung. Halten sie länger an, so verräth sich ihr lähmender Einfluss zuerst dadurch, dass die Reizung des Nerven oberhalb der Druckstelle Muskelcurven erzeugt, die geringere Hubhöhen und langsamere Aenderungen der Verrkürzungsgrössen, sowie eine minder rasche Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Nervenerregung verrathen. Beobachtungen, die man am Menschen macht, lehren, dass zugleich der Willenseinfluss erschwert und unvollkommener wird. Greift jene Art des Druckes kräftiger durch, so hat man ähnliche Lähmungserscheinungen, wie nach der Nerventrennung.

§. 1065. Die Fontana'schen Bänder (§. 44.) der durchschnittenen Nervenstämme lehren schon, dass sich diese im Leben in einer gewissen Spannung gleich den Muskelfasern befinden. Man stösst jedoch auf manche untergeordnete Unterschiede. Wird eine Muskelfaser, die an einer oder an beiden Enden durchschnitten worden, kürzer, so rührt dieses von den nahezu scharfwinkeligen Zickzackbiegungen (§. 301.) her. Die Fontana'schen Bänder der Nerven

lagegen entstehen durch Wellenbiegungen, wie sie das Bindegewebe eigt. Sie rühren von den ursprünglichen Veränderungen des Neuriemms, denen dann alle Bestandtheile der Primitivfasern nachfolgen, er. Das Mark schlängelt sich daher auch in entsprechender Weise. Die Durchschnittsränder der Muskelfasern besitzen häufig Umtülpungen, weil sich die äusseren Theile mehr als die inneren verürzen. Die Endflächen zeigen die Querschnitte der Muskelfäden ls Punkte. Sie geben meist unbestimmte Schatten und Lichter, in esonders günstigen Fällen dagegen auch ein verschobenes dunkeles Kreuz oder zwei zusammenstossende Hyperbeln in polarisirtem Lichte. Die Nerven zeigen natürlich keine Punkte der Art. Eine concentrische Schichtung lässt sich nur nach künstlicher Erhärtung z. B. durch Chromsäure an den Querschnitten des Markes nachweisen.

§. 1066. Sind auch auf diese Weise die Nerven des lebenden Körpers der Länge nach ihrer Anheftung wegen in einem gewissen Grade ausgespannt und ändert sich oft genug die Grösse dieses Zuges mit dem Stellungswechsel der Theile, so lässt sich doch kein merklicher Einfluss dieser Beziehungen auf die Nerventhätigkeiten nachweisen. Schneidet man einen Nerven der Quere nach durch, so erhöht sich zwar häufig die Empfindlichkeit des Nachbarbezirkes der Trennungsstelle, wie wir schon §. 196. gesehen haben. Der Vergleich mit den Wirkungen der künstlichen Entspannung lehrt aber, dass der Unterschied zu gross ist, als dass man ihn nur aus dem Mangel der natürlichen Längsdehnung herleiten könnte. Man muss daher annehmen, dass die Quertrennung des Markes das Gleichgewicht der Molecüle nicht blos augenblicklich stört, sondern auch eine grössere Beweglichkeit derselben zurücklässt. Da sich die Lage der Theilchen an der Durchschnittsstelle geändert hat und die Anziehung und die Abstossung der durch die Trennung entfernten Nachbarmolecüle fehlt, so hat man hier im Anfange die grösste Abweichung von den regelrechten Verhältnissen. Sie verkleinert sich mit der Entfernung. Erhält sie sich aber längere Zeit, so schreitet oft ihr Maximum allmählig von der Verletzungsstelle weiter fort.

§. 1067. Ich habe die Einflüsse der Längsdehnung der Nerven an den Muskelcurven von Froschpräparaten untersucht, die nach dem §. 1054. beschriebenen Verfahren hergestellt waren. Das Fig. 8. §. 175. abgebildete Uhrwerk sorgte für die Regelmässigkeit der Schliessungen und der Oeffnungen der Kette. Der erregende Strom durchsetzte das Rückenmark in der Gegend des dritten bis vierten Wirbels. Die Belastung des Wadenmuskels, der die Muskelcurve

lieferte, glich 8,5 Grm. Das zur Untersuchung dienende Hüftgeflecht wurde mit Froschhaut lose umwickelt, um es vor Verdunstung zu schützen. Ein Beispiel möge im Einzelnen anschaulich machen, wie sich solche Versuche gestalten. Ein mittelgrosser Frosch gab für absteigende Ströme:

Grösse des auf die Wagschale gelegten Dehnungsgewichtes in Grm.	Schliessungszuckung.			Oeffnungszuckung.		
	Grösste Hubhöhe in Millimetern.	Dauer bis zu dem Maximum der Verkürzung in Secunden.	Dauer der Erschlaffung in Secunden.	Grösste Hubhöhe in Millimetern.	Dauer bis zu dem Maximum der Verkürzung in Secunden.	Dauer der Erschlaffung in Secunden.
1. Eine Viertelstunde nach der Zerstörung des Gehirnes.						
0	3	0,08	0,21	3,2	0,06	0,14
10	3	0,06	0,27	1,8	0,08	0,14
50	2,3	0,09	0,32	1,9	0,06	0,27
100	1,3	0,05	Sehr langsam, nach 1,2 Secunden 1 Millimeter.	—	—	—
0	2,9	0,08	0,30	—	—	—
2. Drei Viertelstunden später.						
0	2,1	0,05	0,19	kaum 0,75	kurz	
50	1,5	0,06	0,30	kaum 0,66	dsgl.	
100	1,1	Nach 1,2 Secunden noch 0,7 Millimeter.		—	—	
3. Vier Stunden später.						
0	3	0,21 und dann auf gleicher Höhe 0,41	0,08	—	—	
50	2,3	0,13 und auf gleicher Höhe 0,18	0,12	—	—	
100	2,1	Sinkt nur sehr langsam		—	—	
0	3,1	0,65				

Die Dehnung, wie sie hier geübt wurde, verlängerte die Primitivfasern und verkleinerte die Querschnitte derselben. Die Hüllen drückten das weichere Mark von der Seite her zusammen. Diese Art von Zug und Druck erzeugte keine merklichen Unterschiede der Hubhöhen, so lange sie nicht eine gewisse Grösse überschritt. Der Mangel der Störung stimmt mit dem, was über die Spannung der Nerven im Leben §. 1065. fgg. angegeben worden. Wuchs dagegen die

ugkraft mehr an, so nahmen die Hubhöhen um so nachdrücklicher b, je grössere Dehnungsgewichte wirkten. Beide änderten sich doch nicht in einem genau umgekehrten Verhältnisse. Die Hubhöhen erkleinerten sich vielmehr in unserem Beispiele weniger, als sich ie Zuggewichte vergrösserten. Dieses bildete auch die fast ausahmslose Regel in allen anderen Versuchen, die ich angestellt habe.

Man sieht ferner, dass sich die Zeiten, welche die ganze Zusammenziehung und vorzugsweise die Erschlaffung in Anspruch nahm, nit der Zunahme der Dehnung verlängerten [1]). Die wachsende Verürzung verlangsamte sich ebenfalls, aber in geringerem Maasse nd unregelmässiger. Andere Versuche lehrten, dass sich die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Nervenerregung verkleinerte, wenn die Dehnung die Nervenwirkung beeinträchtigte. Sie nahm verhältnissmässig mehr ab, als die Länge des Nerven vermöge der Ausspannung gewann.

§. 1068. Hat das Dehnungsgewicht nicht allzu lange gewirkt, so erholt sich der Nerv nach der Entspannung ziemlich rasch und zwar nicht bloss unmittelbar nach der Enthirnung, sondern auch mehrere Stunden nach derselben. Er erreicht eher das frühere Maximum seiner Hubhöhe, als die ursprüngliche Geschwindigkeit der Zusammenziehung. Man hat daher dann eine langsame, aber kraftvolle Gesammtverkürzung, bei der vorzüglich die Erschlaffung längere Zeit in Anspruch nimmt. Ist der Nerv so gestimmt, dass die grösste Hubhöhe während einer Reihe von Zeittheilen unverändert bleibt, so kann sich diese Erscheinung bei den verschiedensten Spannungsgraden erhalten. Der Gang der Erholung bleibt auch wesentlich derselbe, wenn der Nerv doppelte Verkürzungen im Anfange und nur Schliessungszuckungen des absteigenden Stromes in der Folge gibt.

§. 1069. Die Nachwirkung, die sich durch kleinere Hubhöhen und grössere Verkürzungszeiten verräth, hält im Allgemeinen um so länger an, je beträchtlicher die Nerven der Länge nach ausgedehnt wurden und je grössere Zeiträume hindurch das Zuggewicht thätig war. Die Erholung bleibt aber auch hier noch unter Verhältnissen möglich, die es theoretisch nicht erwarten liessen. Hat selbst die Längsdehnung den Nerven so sehr beeinträchtigt, dass er keine Zuckung mehr hervorrief, so kann er sich doch wiederum dieselbe Hubhöhe wie vor aller Dehnung nach einiger Ruhezeit liefern. Ein

---

[1]) Vgl. die Curve in der Bibliothèque universelle de Genève. Archives des sciences naturelles. Tome XX. 1864. p. 29.

Beispiel, das ein grosser vor Kälte erstarrter und daher sich träge bewegender Frosch unter ähnlichen Nebenbedingungen, wie sie §. 1054. erwähnt wurden, lieferte, möge das Nähere erläutern:

Grösse des auf die Wagschale gelegten Dehnungsgewichtes in Grm.	Schliessungszuckung.			Nebenverhältnisse.
	Grösste Hubhöhe in Millimetern.	Dauer bis zu dem Maximum der Verkürzung in Secunden.	Dauer der Erschlaffung in Secunden.	
0	2,5	0,16	Noch $1^3/_4$ Mm. Hubhöhe nach 1,2 Secunden und plötzlich von ungefähr $^2/_3$ Mm. auf Null nach 2,1 Secunden herabfallend.	.
40	2,1	0,08	Bis auf 1,1 Mm. nach 0,20 Secunden heruntergegangen.	Unmittelbar nach dem Auflegen des Dehnungsgewichtes.
40	0,6	Sehr langsam.	Aeusserst langsam.	Nachdem die 40 Grm. 5 Minuten lang ununterbrochen gewirkt hatten.
100	Null.	—	—	—
100	Null.	—	—	Nachdem die 100 Grm. 5 Minuten lang anhaltend gewirkt hatten.
0	Null.			Unmittelbar nachdem die 100 Grm. fortgenommen worden.
0	2,4	0,07	0,41	

Ich habe diesen Versuch ausgewählt, weil er noch in anderer Hinsicht belehrend ist. Die Erstarrung des Thieres führte im Anfange zu einer langsam steigenden Zusammenziehung und einer noch langsameren und unregelmässigen Erschlaffung. Die immer zunehmende Längsdehnung bewirkte, dass die Hubhöhen kleiner und zuletzt Null wurden. Die Wirkungslosigkeit erhielt sich noch eine Zeit lang nach der Entfernung einer jeden Belastung. Hatte sich das Thier in dem geheizten Zimmer etwas erwärmt und die einer Zusammendrückung ähnliche Entspannung des Nerven vielleicht ebenfalls eine merkliche Wärmemenge frei gemacht, so gab die Erholung fast dieselbe grösste Hubhöhe, aber eine bedeutend kürzere Dauer der steigenden und eine merklich kleinere, wenn auch ziemlich lange

der fallenden Verkürzung, als vor der Dehnung. Die Verbesserung schritt also hier auf doppeltem Wege fort.

§. 1070. Verräth der Hüftnerv eine krankhafte Stimmungsrichtung der vorangegangenen Misshandlungen wegen, so kann sich diese erhalten, wenn die Längsspannung die Leistungen desselben herabsetzt. Man trennt alle Weichtheile des Oberschenkels bis auf den Hüftnerven, durchschneidet das Oberschenkelbein, richtet den Versuch so ein, dass die Gewichte den Hüftnerven allein ausdehnen, und leitet die erregenden Ströme durch das Hüftgeflecht. Es kommt dann vor, dass der Nerv im Anfange nur Schliessungszuckungen, später dagegen eine stärkere Oeffnungszusammenziehung bei aufsteigendem und eine kräftigere Schliessungszuckung bei absteigendem Strome gibt, er mag durch mehr als 100 Grm. gedehnt werden oder sich theilweise oder gänzlich erholt haben. Die Abnahme der Hubhöhe und die längere Dauer der Gesammtverkürzung, vorzugsweise der Erschlaffung bleiben auch hier erhalten. Diese Ergebnisse lassen sich nach der §. 256. aufgestellten Annahme der Wirkungsursache der entgegengesetzt gerichteten Ströme erklären.

§. 1071. Gehen die Ströme durch die gedehnte Stelle selbst und schaltet man einen grossen Leitungswiderstand in den Kreis ein, um die durch die Verlängerung und die Querschnittsverkleinerung des Nerven bedingte Vergrösserung des Widerstandes unmerklich zu machen, so erhält man im Wesentlichen dieselben Wirkungen, wie wenn die der Länge nach ausgespannte Nervenstrecke nur zur Durchleitung der Erregung benutzt worden wäre.

§. 1072. Die mikroskopische Untersuchung möglichst ausgezogener Nervenfasern bietet in der Regel nichts Ungewöhnliches dar. Das Mark schien sich nur von der Hülle an einzelnen Punkten losgelöst zu haben, wenn die Zerrung den Nerven eben zu zerreissen anfing. Ein Theil der Fasern ist dann häufig getrennt und ein anderer unversehrt.

§. 1073. Die elektromotorischen Eigenschaften des Markes ändern sich unter dem Einflusse starker mechanischer Wirkungen. Man überzeugt sich zuerst, dass die natürliche Längsfläche und der künstliche Querschnitt des Hüftnerven eines Frosches einen kräftigen Nervenstrom, eine negative Schwankung und beide Phasen des Elektrotonus gibt. Dehnt man ihn hierauf der Länge nach aus oder zieht ihn gewaltsam aus den Muskeln hervor und prüft die natürliche Längsfläche und einen neuen Querschnitt, so findet man oft einen schwächeren Strom des ruhenden Nerven. Die Nothwendigkeit, den

Nerven von den Bäuschen des Galvanometers zu entfernen, um ihn der Länge nach zu dehnen, und der Gebrauch neuer Ableitungspunkte rauben diesem Ergebnisse alle nöthige Sicherheit. Da aber der gezerrte Nerv keine negative Schwankung und selbst keinen Elektrotonus mehr in manchen Fällen darbietet, so lässt sich die störende Wirkung der Längsdehnung nicht bezweifeln.

§. 1074. Schlingt man ein Kautschukband um das Hüftgeflecht eines enthirnten Frosches und zieht dieses während der Zeit der grössten Reflexempfänglichkeit an, um die Nerven zu spannen, so überzeugt man sich, dass dieser Eingriff das Auftreten der Reflexbewegungen des entsprechenden Hinterbeines erschweren oder hindern kann. Die Versuche fallen aber der Natur der Sache nach weniger zuverlässig, als bei directer Reizung aus. Hat man das Hüftgeflecht eines Frosches subcutan unterbunden, so schleppt das Thier das Hinterbein Wochen lang vollkommen unthätig nach sich. Ein starker die gelähmte Zehe treffender Druck kann noch bisweilen Reflexbewegungen in den übrigen Gliedern des Körpers erzeugen. Lockert sich die Ligatur nach einer Reihe von Tagen, so stellt sich der Willenseinfluss auf die Muskeln des Hinterbeines in verhältnissmässig kurzer Zeit her.

§. 1075. Erschütterungen von hinreichender Stärke wirken zunächst erregend und dann lähmend, oder betäuben von Anfang an. Schlägt man einen Frosch heftig gegen die Tischkante, so verfällt er in der Regel in Starrkrämpfe, zu denen sich oft noch ein anhaltendes Zittern der Muskelbündel gesellt. Da dieser Zustand von dem centralen Nervensysteme ausgeht, so beruhigen sich die Glieder in der Regel, nachdem man die zu ihnen verlaufenden Nerven durchschnitten hat. Wirft man den Frosch kräftig zu Boden oder klopft man nach GOLTZ die Baucheingeweide zu oft wiederholten Malen, so steht das Herz still. Sehr starke Erschütterungen können die Betäubung ohne jene Krampferscheinungen herbeiführen. Gesellen sich Zerreissungen und Blutergüsse hinzu, so erhält man noch die den Einflüssen der zerstörten Stellen entsprechenden Erscheinungen als Nebenwirkungen des mechanischen Eingriffes. Man kann die Muskeln eines Frosches durch heftiges Schlagen reizlos machen. Das enthauptete Thier wird zu diesem Zwecke in Leinwand gehüllt und geklopft. Die Muskelmassen zertheilen sich aber oft dabei in kleine Stücke, ehe sie ihre Empfänglichkeit vollständig einbüssen.

§. 1076. Man pflegt die subjectiven Sinneserscheinungen, welche Kopfcongestionen begleiten, von dem Drucke des Blutes auf die

Centralwerkzeuge der Sinnesorgane herzuleiten. Eine nähere Betrachtung lehrt indess, dass man hier noch andere Bedingungen berücksichtigen muss. Die Sinnestäuschungen beziehen sich in der Regel nur auf das Auge und das Ohr und höchstens noch auf die Tastwerkzeuge. Man hat Schwarzsehen, seltener Flimmern vor den Augen, Ohrenklingen und nur noch hin und wieder Gefühle des Einschlafens oder des Ameisenlaufens in den Gliedern. Subjective Geruchs- oder Geschmacksempfindungen werden nicht angegeben. Die Centralwerkzeuge oder die Nerven dieser beiden Sinnesorgane müssen die schädlichen Einflüsse mit geringerer Feinheit beantworten. Ein stärkerer Blutdruck des Aortensystemes kann mehr Blut in das Gehirn einzupressen und dafür eine grössere Menge von Lymphe und Cerebrospinalflüssigkeit aus der unnachgiebigen Schädelkapsel des Erwachsenen zu verdrängen suchen (§. 1026.). Man muss aber noch die hierbei erzeugten Ernährungsstörungen ausser der Druckwirkung des Blutes berücksichtigen. Der starke Gefässdruck begünstigt die Ausschwitzung, wie der ödematöse Zustand des Gehirnes bei Urämie (§. 1050.) am deutlichsten zeigt. Wirkte der blosse Druck auf die centralen Enden des Sehnerven, so liesse sich nach der Analogie mit der bald zu erwähnenden Druckfigur der Netzhaut erwarten, dass Funkensehen und keine Verdunkelung des Gesichtsfeldes auftreten würde. Diese zeigt sich auch bei Ohnmachten, am Anfange der Aether- oder der Chloroformbetäubung, mithin unter Verhältnissen, in denen Ernährungsstörungen, nicht aber eine Druckerhöhung des Schlagaderblutes eingreift.

§. 1077. Die von PURKINJE[1]) zuerst beschriebene Druckfigur des Auges lehrt am deutlichsten, dass mechanische Erregungen der Netzhaut subjective Lichterscheinungen hervorrufen. Dasselbe erhärten die Phosphene, welche bei raschen Drehungen des Auges nicht selten auftreten[2]). Diese Wirkungen haben ein doppeltes Interesse. Vergleicht man die beschränkte Druckstelle der Netzhaut mit dem Orte der Feuererscheinungen, so sieht man, dass sie ihr in jeder Hinsicht entgegengesetzt liegt. Das Phosphen wird daher innen und oben gesehen, wenn man unten und aussen drückt. Diese Thatsache zeigt unmittelbar, wie wir die Gesichtseindrücke nach

[1]) J. PURKINJE, Beobachtungen und Versuche zur Physiologie der Sinne. Bd. I. Prag 1823. 8. S. 22—35.

[2]) Das Nähere aller dieser Erscheinungen siehe bei RUETE, Lehrbuch der Ophthalmologie. Zweite Auflage. Bd. I. Braunschweig 1853. 8. S. 158—163, und HELMHOLTZ, Physiologische Optik. S. 195—200.

den sogenannten Richtungslinien (§. 518.) nach aussen versetzen. Die Druckfiguren haben aber noch eine besondere Wichtigkeit für den Augenarzt. Handelt es sich darum zu sehen, ob die Netzhaut thätig ist oder nicht, so kann der Gebrauch elektrischer Schläge leicht täuschen, weil möglicher Weise nur die Netzhaut, nicht aber die peripherischen und die centralen Sehnervenfasern gelähmt sind und die Ströme einen Theil derselben ebenfalls durchsetzen. Die Druckfigur gibt hier ein sicheres Erkenntnissmittel. Die Verlegung nach aussen kann zugleich unterrichten, ob der der physiologischen Normen unkundige Kranke sich die Feuererscheinung nur einbildet oder sie wahrhaft sieht. Fehlt aber das Flammenbild, wenn die Netzhaut gedrückt wird, so kann es immer noch nach MARTINET unter dem Einflusse elektrischer Erregungen zum Vorschein kommen.

§. 1078. Drücke ich meine Nasenflügel zusammen und lasse sie plötzlich losschnellen, so habe ich eine subjective Geruchsempfindung bei meinem fast krankhaft feinen Riechorgane. Heftiges Niesen erzeugt mir einen weit stärkeren und anhaltenderen Eindruck anderer Art. Es gelingt mir dagegen nicht Geschmacksempfindungen durch das Zusammendrücken der Zungenwurzel oder durch einen kalten über die Oberfläche der Zunge dahingehenden Luftstrom zu erzeugen.

§. 1079. Geschwülste oder andere Fremdkörper, welche einzelne Bezirke des centralen Nervensystemes drücken, erzeugen unvollkommene oder vollkommene Lähmungserscheinungen, wie uns schon die Betrachtung der Empfindungs- und der Bewegungsnerven in mehrfachen Beispielen lehrte. Da wir aber nicht mit Sicherheit mit unseren gegenwärtigen Hilfsmitteln beurtheilen können, welche Wirkungsgrösse und welche Ausdehnung einem solchen Drucke zukommt und wie die Thätigkeitsstörung auf Umwegen vorzugsweise im Gehirn ausgeglichen zu werden vermag, so geben oft genug die Leichenöffnungen die unsichersten Aufschlüsse über die während des Lebens beobachteten Krankheitszeichen. Man hat aber aus solchen Fällen mit Unrecht schliessen wollen, dass ganz andere Normen das centrale Nervensystem des Menschen, als das der Thiere beherrschen.

2. Wärmeänderungen.

§. 1080. Die Wirkungen der thermischen Erregungen hängen eben so gut von der Abgleichungsgeschwindigkeit, wie die der anderen Reize ab. Legt man ein Stück Eis auf den Hüftnerven eines eben getödteten Frosches, so dass sich das Volumen seiner

Markmasse rasch verkleinert, oder lässt man auf ihn einen Tropfen heissen Wassers fallen und erzeugt hierdurch eine schnelle örtliche Umfangsvergrösserung, so ziehen sich die Muskeln des Unterschenkels und des Fusses zusammen. Eine Schliessungs- und eine Oeffnungszuckung zeigen sich unter günstigen Verhältnissen. Hebt das Eis oder das heisse Wasser die Leistungsfähigkeit der getroffenen Markstelle nicht für immer auf, so kann man den Versuch einige Male mit demselben Erfolge wiederholen. Dieses gelingt bisweilen in Froschpräparaten mit Wasser von ungefähr 45° bis 50° C., nicht aber mit wärmerem. Das Rückenmark und die Nerven des Frosches erzeugen nach PICKFORD Muskelverkürzungen häufiger, wenn eine starke plötzliche Abkühlung, als wenn eine mässige schnelle Wirkung eingreift. Pflanzt sich in ihnen der Wärmewechsel allmählig fort, so können Krämpfe zum Vorschein kommen.

§. 1081. Wirken niedere oder höhere Wärmegrade langsamer, so bleiben alle Zuckungen aus. Die unvollkommene oder vollkommene Lähmung bildet sich ohne alle sichtliche Unruhe aus, weil die Geschwindigkeit der Aenderung der Markbeschaffenheit die zur Verkürzungserregung nöthige Grösse nicht erreicht. Solche Wärmeversuche weisen übrigens nach, dass die Molecularbeschaffenheit der Nerven und der Muskeln der kaltblütigen Thiere von der der warmblütigen Geschöpfe abweicht. Die Innentheile des Menschen und der Säugethiere besitzen eine Eigenwärme, die zwischen 37°,5 und 41° C. liegt. Die Vögel liefern etwas höhere Werthe. Die Nerven und die Muskeln der warmblütigen Thiere arbeiten bei dieser Temperatur am lebhaftesten. Wasser oder Wasserdämpfe desselben Wärmegrades dagegen versetzen die Froschmuskeln in denjenigen Zustand, den man die Kochung oder die Wärmestarre nennt und der ihnen ihre Leistungsfähigkeit für immer raubt. HARLESS fand, dass sich der Wadenmuskel bei 30° bis 35° C. beträchtlich zu verkürzen anfängt. Dieses nimmt bis 40° immer mehr zu. Eine Verlängerung soll bei Temperaturen unter dem Gefrierpunkte auftreten. Die geringste Wärme, welche eine Längenabnahme der kleineren Kaninchenmuskeln in Folge der Anderung der inneren Beschaffenheit erzeugt, ist 44° bis 46° C. Sie liegt also merklich höher, als die Eigenwärme des lebenden Geschöpfes und die Grade des günstigsten Wärmeeinflusses. Arbeitet man an einer Reihe von Froschpräparaten, so sieht man, dass die zerstörende Wärmegrösse und die Zeit, die zur vollen Herstellung dieses Einflusses nöthig ist, mit der Verschiedenheit der Mischung der Nerven und der Muskeln

wechselt. Hat man sich auch gegen alle Täuschungen, welche die Mittheilung der Wärme erzeugen kann, gesichert, so findet man doch, dass die Wärme, welche die Starre vollständig herbeiführt, zwischen 37° und 44° C. nach Verschiedenheit der Präparate liegen kann. Die Nerven verlieren ihre Kräfte bei Temperaturgrössen, die sich denen nähern, welche die Wärmestarre der Muskeln herbeiführen. Die bei dem kleineren Volumen raschere Durchwärmung kann es bewirken, dass die Leistungsfähigkeit des Hüftnerven des Frosches schon bei 35° bis 36° C. aufhört. Die individuelle Beschaffenheit gestattet aber auch hier einen in weiten Grenzen wechselnden Spielraum.

§. 1082. Ein Frosch, dessen Unterleibshöhle mit Eisklumpen gefüllt ist, erholt sich nicht selten vollständig im geheizten Zimmer. Säugethiere und Menschen dagegen gehen am Erfrierungstode zu Grunde, wenn sich selbst noch keine Eismassen in den Körperhöhlen erzeugt haben. Bilden sie sich im Gehirn, so zerreissen die Krystalle bei dem Anschiessen die Nervengewebe, so dass diese wie breiig erweicht, nach dem späteren Aufthauen erscheinen. Frösche können sich auch nach durchgreifenden, durch höhere Wärmegrade erzeugten Störungen leicht erholen. Bindet man nach KUNDE einen Frosch in Leinwand, lässt den Kopf frei und berührt das Schädeldach mit warmem Sande, so verlieren sich allmählig die Hautempfindlichkeit, die Reflex- und die willkührlichen Bewegungen, der Schlag des Blutgefässherzens und der Lymphherzen. Der Aufenthalt in Wasser von gewöhnlicher Wärme vermag wiederum das scheintodte Thier vollkommen herzustellen.

§. 1083. Will man vorwurfsfreie Ergebnisse über die Einflüsse, welche anhaltende ungewöhnliche Temperaturgrade auf die Nerven ausüben, gewinnen, so muss man sie nur den Wirkungen kalter oder warmer Luft aussetzen und dafür Sorge tragen, dass diese für alle Wärmegrade mit Wasserdampf gesättigt bleibt. Ein durchsichtiger, fest verschliessbarer Behälter, auf dessen Boden eine geringe Wassermenge geschichtet ist und der in Schnee, eine Kältemischung oder in warmes Wasser versenkt werden kann, erfüllt diesen Zweck am einfachsten. Berührt man eine Stelle des Nerven mit Eis, mit kaltem oder mit warmem Wasser, so gesellt sich die chemische Wirkung zur thermischen. Die feineren Folgen, vorzugsweise die Zunahme der Empfänglichkeit, verlieren sich rascher. Die Lähmungserscheinungen verrathen sich daher unmittelbar nach dem Eingriffe des störenden Wärmegrades.

§. 1084. Die Versuche, die man an Froschpräparaten oder an frischgetödteten Säugethieren anstellt, lehren, dass sich eine geringere oder eine grössere Beweglichkeit der Nerven- und der Muskelmolecüle aus dem unmittelbaren Einflusse der Kälte oder der Wärme auf das Mark erzeugen kann. Eine doppelte Wirkung macht sich hier geltend. Man hat zunächst die Abnahme des Umfanges, welche jede Abkühlung und die Zunahme, die jede Erwärmung begleitet. Die zarte Mischung des Nervenmarkes und der Muskelfasern ändert sich überdiess durchgreifend und zwar, wie es scheint, in höherer Wärme rascher als in niederer. Wirkt die Kälte oder die Wärme auf das lebende Thier, so kommen noch die Folgen des Wechsels der Blutbewegung hinzu. Drei Seiten, die Wirkung der Temperatur auf die hydraulischen Bedingungen des Kreislaufes, die auf die Athmung und die auf die Verkürzungserscheinungen des Herzens und der Gefässwände können sich hier geltend machen.

§. 1085. Die Hindernisse, die sich dem Durchgange einer Flüssigkeit durch Röhren, zu deren Wänden sie eine Anziehung hat, z. B. dem von Wasser durch Glasröhren, entgegensetzen, nehmen in der Kälte zu und in der Wärme ab. Der Unterschied macht sich um so mehr geltend, je kleiner der Querschnitt des Rohres ist. Der Temperaturwechsel ändert daher den Blutlauf der Haargefässe am nachdrücklichsten. Die Verengerung der kleineren Schlagadern bewirkt zuerst, dass die Haut des Menschen in der Kälte erblasst. Die Langsamkeit des Blutdurchganges durch die Haargefässe hat aber bald zur Folge, dass mehr Blutkörperchen als gewöhnlich in den Haargefässen bleiben. Die Theile röthen sich daher. Sie werden blau, so wie die Stockung das Blut zu dunkelroth machte. Die schnellere Bewegung, welche die Hitze bedingt, führt nur zu einer stärkeren Röthe der Wangen oder anderer zarthäutiger Theile, so lange keine Verbrennung oder keine Athmungsstörungen eingreifen. Der Abschnitt, in dem wir die Einflüsse des Blutes betrachteten (§. 1032. fgg.), zeigte aber, wie rasch die Nerven- und die Muskelthätigkeit mit den Aenderungen des Capillarblutlaufes wechselt, weil ihre zarte Mischung von den Ernährungsverhältnissen wesentlich abhängt. Greift also eine der bald zu betrachtenden Ursachen, welche die Nerven und die Muskeln eines lebenden Thieres abkühlt, ein, so hat man zweierlei gleichzeitig thätige Störungen, die unmittelbare Wirkung der Kälte auf die Molecüle des Markes und der Ganglienkugeln und die mittelbare durch die veränderten, in jedem Augenblicke nöthigen Ernährungseinflüsse.

§. 1086. Das Volumen der Lungen verkleinert sich, wie das aller übrigen Körper, in der Kälte. Die Hitze vergrössert dasselbe. Die Luftmenge, welche die Athmung abwechselnd ein- und ausführt, sinkt daher bei niederer und wächst in höherer Temperatur. Der Verlust, der die Kälte erzeugt, wird durch einen anderen Gewinn mehr als ausgeglichen. Da sich die Atmosphäre mit der Abnahme der Wärme verdichtet, so enthält dann die gleiche Volumenseinheit eine grössere Gewichtsmenge von Sauerstoff. Der Umfang der Gase wechselt unter dem Einflusse der Temperatur stärker, als der der flüssigen und der festen Körper. Der lebende Organismus gewinnt daher durch die Einfuhr der reichlicheren Sauerstoffmenge mehr, als er durch die Volumensabnahme der Athmungswerkzeuge einbüsst. Die Kälte wird desshalb im Allgemeinen zu einem Kräftigungs- und die Hitze aus ähnlichen Gründen zu einem Erschlaffungsmittel. Das Phlegma und die Zähigkeit der Nord- und die Lebhaftigkeit der Südländer hängen mit diesen Verhältnissen zusammen.

§. 1087. Man kann die Eigenwärme der Innentheile eines Säugethieres durch verschiedene Mittel herabsetzen. Die Wirkungen auf die Lebensthätigkeiten der Nerven und der Muskeln hängen dann von den Ernährungsverhältnissen derselben und daher von der Sauerstoffzufuhr wesentlich ab. Zwei Beispiele können zeigen, wie verschieden die Erfolge demgemäss ausfallen.

Die Athmung und der von ihr zum Theil abhängige Verbrennungsprocess sind in den winterschlafenden Murmelthieren so sehr gesunken, dass die Innentheile die Temperatur der kühlen Umgebung nur um wenige Grade übertreffen. Sie fühlen sich daher kalt, wie ein Organ eines kaltblütigen Geschöpfes an. Gelangen auch nur kleine Sauerstoffmengen der seltenen Athmung wegen in der Zeiteinheit in den Körper, so erscheint dessenungeachtet das Schlagaderblut hellroth und das Venenblut minder dunkelroth, als in dem wachen Thiere. Die Nerven und die Muskeln zeigen während des Winterschlafes eine durch die Kälte bedingte Abnahme der Leistungsfähigkeit, der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Nervenerregung und der Schnelligkeit der Muskelzusammenziehung. Die Lebenseigenschaften beider erhalten sich aber verhältnissmässig lange nach dem Tode, weil das hellrothe, langsamer strömende und oft in den Zwischenpausen der Herzschläge stillstehende Blut zur Ernährung jener Gebilde, deren Ruhe während des Winterschlafes einen nur geringen Stoffumsatz fordert, hinreicht. Eine kalte Umgebung setzt die Eigenwärme der Innentheile eines Kaninchens in

ähnlicher Weise herab. Sie kann dann nach WALTHER noch bis auf 9° C. in den Muskeln sinken, ohne dass diese ihre Empfänglichkeit einbüssen. Die Reizbarkeit derselben und die der Nerven erhalten sich wiederum längere Zeit nach dem Tode, als in einem Kaninchen, dessen Innentheile die gewöhnliche Eigenwärme im Augenblicke des Todes besessen haben.

Ein zweites Verfahren, die Innentheile abzukühlen, hat diesen Erfolg nicht. Bestreicht man die Gesammtfläche der Haut eines Kaninchens mit einem luftdichten Firniss, so sinkt die Eigenwärme des Mastdarmes nach und nach auf 20° C. oder noch mehr. Die Reizbarkeit der Muskeln und der Nerven hält nicht lange nach dem Tode an. Der Grund des Unterschiedes liegt darin, dass die Unterdrückung der Hautausdünstung die Athmung herabsetzt, mithin ein sauerstoffärmeres Blut die Theile versorgt. Das Thier nimmt lange vor seinem Tode bedeutend weniger Sauerstoff auf und haucht geringere Kohlensäuremengen in der Zeiteinheit aus. Hat dieses eine Zeit lang gedauert, so kann es sich nicht mehr auf den Beinen erhalten. Es liegt auf der Seite matt oder selbst scheintodt da. Bringt man es in diesem Zustande in eine Wärme von 35° bis 40° C., so stellt es sich nach einiger Zeit auf und macht die gewöhnlichen Willkürbewegungen. Der Aufenthalt in warmer Luft ist aber nicht im Stande, die tödtliche Wirkung der fortdauernden vollständigen Unterdrückung der Hautausdünstung aufzuheben.

§. 1088. Die dritte Wirkungsweise der Temperatur bezieht sich auf die Muskelmassen, die bei dem Kreislaufe thätig sind. Die Kälte vermindert die Häufigkeit der Schläge des ausgeschnittenen Herzens. Eine passende Wärme vergrössert dieselben. Man findet demgemäss in erstarrten Murmelthieren, dass das Herz für längere Zeit, oft Minuten lang ruht und sich nur von Zeit zu Zeit langsam zusammenzieht. Wird die Tiefe des Winterschlafes gestört, so nehmen auch die Zahl der Herzschläge und der Athemzüge und die Eigenwärme zu. Hat man eine Explorationsnadel in das Herz gestochen, so sieht man bisweilen, dass dieses eine Reihe von Schlägen macht, ehe eine Athmung eingreift, dass also erst der Wechsel des Blutes in den Haargefässen des verlängerten Markes oder die dadurch bedingte Ernährungsveränderung den regelrechten Gang der Athmung einleitet. Diese verzögernden Wirkungen der Kälte verrathen sich in den wachen Säugethieren und dem Menschen nur während der Vorboten des Erfrierungstodes. Die beschleunigenden der Wärme dagegen kommen häufiger vor.

§. 1089. Die zu starke Abkühlung oder eine zu bedeutende Erwärmung der Theile verengert die Schlagadern, so dass sich die Reibungshindernisse des Blutdurchganges vergrössern. Eine geringere Menge Blutes strömt daher den Organen zu, wenn nicht die Nebenbedingungen eine ausgleichende Druckerhöhung erzeugen. Dieser Umstand erhöht die Wirkungen der durch die Kälte herbeigeführten Verlangsamung. Er verkleinert dagegen die Folgen der Beschleunigung, welche die Wärme begleitet. Die örtliche Anwendung der Kälte kann daher einen mit kreisendem Blute überfüllten Theil zu den regelrechten Verhältnissen zurückführen. Die Vortheile, welche der Gebrauch der warmen und feuchten Luft für die Heilung grösserer Wunden, wie der der Amputationsstümpfe darbietet, erklärt sich daraus, dass mässige Blutmengen die Theile rascher durchsetzen, als dieses bei gewöhnlichen Wärmegraden der Fall wäre und die Neubildung, gleich der embryonalen Entwickelung, in der Brutwärme der Umgebung, bei der die Eigenwärme des Menschen fast Nichts durch Wärmeleitung verliert, am lebhaftesten vor sich geht.

§. 1090. Die Misshandlung, welche der Hüftnerv bei der Herstellung der gewöhnlichen Froschpräparate erleidet, verstimmt ihn so, dass er die Wirkung schwacher absteigender Ströme nur mit einer Schliessungs-, die aufsteigender dagegen bloss mit einer Oeffnungszuckung beantwortet. Bringt man ein solches Präparat in einen mit Wasserdampf gesättigten Raum, der von Schnee oder einer Kältemischung umgeben ist, so sinkt zunächst die Geschwindigkeit und die Grösse der Muskelverkürzung, die ein den Hüftnerven durchsetzender galvanischer Strom hervorruft. Man erhält sie im Anfange nur bei dem Schlusse des absteigenden und der Oeffnung des aufsteigenden Stromes, wenn dieser keine doppelten Wirkungen erzeugt (§. 139.). Kühlt sich aber der Nerv stärker ab, so bemerkt man häufig die umgekehrte Stimmungsrichtung. Der Schluss des absteigenden Stromes gibt eine Oeffnungs- und die Oeffnung des aufsteigenden eine Schliessungszuckung. Greift die Kälte noch mehr durch, so beantwortet der Nerv keine Art von elektrischer Reizung. Seine Kräfte verlieren sich für immer, wenn eine allzu niedere Temperatur nur kurze oder eine weniger tiefe längere Zeit gewirkt hat. Sie können aber durch die Rückkehr zu höheren Wärmegraden wiedererscheinen. Erholt sich auf diese Weise der Nerv, so hat man den umgekehrten Gang. Man erhält wiederum einen Stimmungszustand, unter dessen Einfluss ein schwacher absteigender Strom

nur eine Oeffnungs- und ein aufsteigender bloss eine Schliessungszuckung gibt. Die umgekehrte gewöhnliche Stimmungsrichtung kehrt erst später zurück. Die Zusammenziehungen werden um so rascher, je mehr die Erwärmung durchgreift. Frösche, die längere Zeit in Wasser von 2° bis 5° C. aufbewahrt worden, bewegen sich nicht bloss träger, sondern liefern auch oft eine stärkere Oeffnungszuckung bei ab- und eine kräftigere Schliessungszuckung bei aufsteigendem Strome, wenn man ihren lebenden Hüftnerven, das Hüftgeflecht oder das Rückenmark elektrisch reizt. Da sich dieser Stimmungszustand auch in den galvanischen Froschpräparaten erhalten kann, so hatte wahrscheinlich RITTER solche, die aus stark abgekühlten Thieren bereitet waren, vor sich, als er zu der Ansicht gelangte, dass jener, dem der gewöhnlichen Präparate entgegengesetzte Stimmungszustand den Wirkungen des lebenskräftigen unversehrten Nerven am nächsten steht.

§. 1091. Man kann diese Erscheinungen genauer verfolgen, wenn man die Verkürzungscurven des Wadenmuskels aufschreiben lässt. Die Abkühlung wird am einfachsten herbeigeführt, indem man den Oberschenkel des enthirnten Thieres mit einem sehr dünnen Guttaperchablatte und dann mit Baumwolle umgibt, in welche die Kugel eines kleinen Thermometers versenkt worden. Die Verdunstung des Aethers, den man auf die Baumwolle tropft, setzt die Wärme unter den Gefrierpunkt und selbst auf — 15° C. schnell herab, wenn die Luftwärme 15° bis 20° C. beträgt. Die auf diese Weise erhaltenen Muskelcurven zeigen, dass die Verlangsamung der Zusammenziehung in Folge der Abkühlung früher eintritt und verhältnissmässig grösser ausfällt, als die Abnahme der grössten Hubhöhe[1]). Die Zeit kann sich drei Mal vergrössern, während das Verkürzungsmaximum nur ein Dritttheil verliert. Befeuchtet man die Baumwolle mit warmem Wasser, so erholen sich wiederum die Nerven und die Muskeln. Die Schnelligkeit der Zusammenziehung und die Hubhöhen vergrössern sich. Beide fallen unter günstigen Verhältnissen beträchtlicher, als bei gewöhnlichen Wärmegraden aus, vorzugsweise wenn sich die Temperatur des Wassers der näherte, welche die Nervenwirkungen aufhebt. Die Aenderung verräth sich aber auch wiederum in der Geschwindigkeit der Verkürzung nachdrücklicher, als in dem grössten Werthe der Hubhöhe. Diese wuchs z. B. von 1,9 auf 2,0 Mm.,

---

[1]) Siehe das Nähere: Die Zuckungsgesetze des lebenden Nerven und Muskels. Leipzig und Heidelberg. 1863. 8. S. 100 fgg.

wenn man die Arbeit bei + 16° C. und die bei + 32° C. verglich. Die zur Erreichung des Verkürzungsmaximums nöthige Zeit glich aber in dem ersteren Falle 0,65 und die, welche der zweite forderte, 0,07 Secunden oder weniger als $^1/_9$ des früheren Werthes. Es kann sogar bei Wärmegraden, die sich der Zerstörungsgrenze nähern, vorkommen, dass die Hubhöhe beträchtlich ab-, die Schnelligkeit der Zusammenziehung dagegen ausserordentlich zunimmt.

§. 1092. Helmholtz fand schon, dass sich die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Nervenerregung um mehr als das Zehnfache verkleinern kann, wenn man ein Stück Eis auf den Hüftnerven eines Froschpräparates gelegt hat (§. 173.). Die Reizungsstelle braucht dann nicht einmal innerhalb des Bezirkes zu liegen, der von der Eismasse berührt worden. Sie kann sich zwischen diesem und der Einsenkungsstelle des Hüftnerven in den Wadenmuskel befinden, so dass die dem Versuche unterworfene Nervenlänge nur durch die Leitung der niederen Temperatur verändert worden. Frösche, die seit einiger Zeit in einem ungeheizten Zimmer in Wasser von ungefähr 5° C. lebten, gaben nur 2,9 bis 4,2 Meter Secundengeschwindigkeit für die Fortpflanzung ihrer Nervenerregung, wenn ich den Hüftnerven und das Hüftgeflecht des lebenden, aber enthirnten Thieres mit schwachen Inductionsströmen, die nur Oeffnungszuckungen lieferten, untersuchte. Wir werden übrigens bei den elektrischen Misshandlungen sehen, dass sie vielleicht jene geringeren Werthe auch in höherer Wärme geliefert haben würden. Die Dauer der verborgenen Erregung (§. 172.) nimmt durch die Kälte ebenfalls zu.

§. 1093. Reizt man den Nerven eines Froschpräparates mit dem Schlittenmagnetelektromotor, so macht es eine geringe passende Erwärmung möglich, dass man die Inductionsrolle weiter von der inducirenden entfernen kann, ohne dass die Zusammenziehung ausbleibt. Es gelingt im ganzen seltener, die Stufe der vergrösserten Empfänglichkeit durch niedere Wärmegrade hervorzurufen. Sie erscheint auch in dem Menschen und den lebenden Thieren häufiger, wenn sich die Eigenwärme aus irgend einem Grunde merklich erhöht, als wenn sie durch Kälte herabgesetzt wird. Soll diese überhaupt merkliche Erfolge nach sich ziehen, so muss die Wärme des Wirkungskörpers weit mehr von der der thierischen Theile abweichen, als dieses für höhere Wärmegrade nothwendiger Weise der Fall ist. Ein vollkommen gelungener Kälte- oder Wärmeversuch soll zuerst eine Erhöhung, dann eine Abnahme der Empfänglichkeit, hierauf die Leistungsunfähigkeit und zuletzt die Erholung in

Folge der Erwärmung oder der Abkühlung liefern. Greift diese tiefer ein, so muss sich noch die eigenthümliche Erscheinung darbieten, dass sich Nachwirkungen des früheren Stimmungszustandes verrathen, also z. B. die Gesammtverkürzung oder nur die Erschlaffung bei der späteren Erwärmung des abgekühlten Nerven länger dauert, während schon wiederum die Hubhöhe ihre frühere Grösse erreicht hat. Der allgemeine Gang aller dieser Erscheinungen muss derselbe bleiben, die Kälte oder die Wärme möge auf die Nerven oder auf die Muskeln unmittelbar wirken. Prüft man die Reflexbewegungen in solchen Untersuchungen, so findet man, dass die Reizung der Haut leichter beantwortet wird, als die der Nervenstämme.

§. 1094. Diese Erscheinungen erklären die trägen Bewegungen eines Frosches, der in sehr kaltem Wasser aufbewahrt worden, oder der stark abgekühlten Theile der warmblütigen Thiere und des Menschen, die Schwierigkeit und Langsamkeit der mimischen und der anderen Körperbewegungen, sowie des zum Sprechen nöthigen Gebrauches der Lippen, die anfängliche Schmerzhaftigkeit und die spätere Unempfindlichkeit der Theile in heftiger Winterkälte, die Abstumpfung des Geruches bei dem Einathmen sehr kalter Luft und die der Tast- und der Geschmacksempfindlichkeit der Zunge, wenn sie eine Zeit lang mit Eis in Berührung geblieben, die Leichtigkeit aller Bewegungen und Empfindungen und das Wohlsein in angenehmer Sommerwärme und die Abnahme der Muskelkräfte in erschlaffender Hitze.

§. 1095. Die Längsdehnung der Nerven kann die durch höhere Wärmegrade erzeugte stürmische Wirkung ausgleichen. Man richtet sich einen Frosch auf die §. 1055. geschilderte Weise vor, umgibt das Hüftgeflecht mit Baumwolle und benetzt diese mit warmem Wasser. Die Muskelcurven werden von Zeit zu Zeit aufgezeichnet. Hat die Hubhöhe gegen früher abgenommen, sind aber die Zuckungen stürmisch geworden, so kann man diese letztere Eigenthümlichkeit beseitigen, die Hubhöhe dagegen noch mehr verkleinern, wenn man das Hüftgeflecht der Länge nach ausdehnt, indem man die Wagschale des Dehnungsfadens mit Gewichten beschwert. Entfernt man diese, so kehrt oft die frühere stürmische Wirkung mit der Vergrösserung der Hubhöhe zurück, wenn auch indess die Wärme der Baumwolle z. B. von 25° C. auf 23° C. gesunken ist.

§. 1096. Günstige Versuche lehren, dass es einen Grad des Wärmeeinflusses auf das Hüftgeflecht gibt, bei dem es nicht gleich-

gültig ist, ob die elektrischen Ströme auf dieses oder auf das Rückenmark wirken. Man hat zwar eine Abnahme der Hubhöhen in beiden Fällen. Die stürmischen Zuckungen zeigen sich jedoch nur bei unmittelbarerer Ansprache des Hüftgeflechtes. Es gibt also eine krankhafte, durch die Wärme erzeugte Beweglichkeit der Nervenmolecüle, die sich nur dann in merklichem Grade geltend macht, wenn diese selbst erregt werden, wenn also ihr innerer Widerstand (§. 207.) in Betracht kommt, nicht aber, wenn sie zur Durchleitung dienen oder der äussere Widerstand in Anspruch genommen wird.

§. 1097. Die abwechselnde rasch eingreifende Wirkung von Erwärmung und Abkühlung erzeugt dieselben Stimmungsänderungen, wie die mechanische Misshandlung. Sie kann auch in dem lebenden Frosche bewirken, dass der aufsteigende Strom eine Oeffnungszuckung oder gar keine Wirkung und der absteigende eine Schliessungsverkürzung liefert. Diese Stimmungsänderung erhält sich oft mit grosser Zähigkeit, wenn selbst der Nerv die gewöhnliche mässige Wärme der umgebenden Luft einige Zeit vorher angenommen hat. Es gelingt selten, den bei vorsichtiger Abkühlung als Regel auftretenden Fall, dass der aufsteigende, den thermisch veränderten Nerven durchsetzende Strom eine Schliessungs- und der absteigende eine Oeffnungszuckung erzeugt, mittelst der Erwärmung bis zur Zerstörungsgrenze mit oder ohne nachfolgende Abkühlung herbeizuführen. Der richtige Nervenstrom kehrt sich dann häufig um. Wir haben aber schon §. 154. fgg. gesehen, dass seine gewöhnlichen Leistungen dessenungeachtet möglich bleiben.

§. 1098. Da die Hornmasse der Oberhaut zu den schlechten Wärmeleitern gehört, so bestimmt die Dicke und der Grad der Verhornung derselben, mit welcher Geschwindigkeit Kälte oder Wärme von aussen eindringt oder von den Innentheilen zur äusseren Umgebung geht. Wir beurtheilen aber die Temperatur eines berührten Körpers nach der Schnelligkeit, mit der er uns die Wärme in der Zeiteinheit entzieht oder mittheilt. Ein Eisstück wirkt daher kräftiger auf den Bezirk des Ellenbogengelenkes, in dem der Ellenbogennerv verläuft, als auf den Handballen oder die Fingerspitzen. Die dünne Oberhaut der Lippen oder der Zungenspitze arbeitet in dieser Hinsicht noch empfindlicher. Das Unterhautfettgewebe bildet nicht bloss ein elastisches Polster, sondern auch einen zweiten schlechten Wärmeleiter. Magere Leute frieren daher im Allgemeinen leichter als fette und diese leiden durch die Hitze mehr, weil die durch die Wasserverdunstung der Haut bedingte Abkühlung schwächer

und langsamer zu den Innentheilen vordringt. Die Fusssohle zeichnet sich dadurch aus, dass ihre Fersengegend die dickste Oberhaut und ihre ganze Länge ein starkes Fettpolster besitzt. Der mechanische Nutzen, den diese Einrichtung für die Dämpfung des Druckes der Körperlast gewährt, verbindet sich auch hier mit thermischen Beziehungen. Die Sohle erträgt die Kälte im ganzen besser und die äussere Form, die Stärke der Oberhaut und die Dicke des Fettpolsters bedingen gemeinschaftlich, dass wir früher an den Zehen als an der Ferse frieren. Der Unterschied der Oberhautdicke und in geringerem Grade der der Nerventhätigkeit betheiligen sich dabei, wenn die grobe Hand eines Schmiedes ein heisses Eisen, das ein unerträgliches Wärmegefühl in einer zarten Damenhand erregen würde, ohne unangenehme Empfindung berühren kann.

§. 1099. Das Kunststück, die Hand in eine geschmolzene Metallmasse für kurze Zeit einzutauchen oder ein rothglühendes Eisen mit nackten Füssen zu betreten, erklärt sich aus dem Leidenfrost'schen Versuch oder dem sphäroidalen Zustande des Wassers, der auch dieses in Eis innerhalb eines glühenden Platintiegels verwandeln kann. Eine Dampfschicht, die sich zwischen der heissen Masse und den Wassertropfen oder jener und der Oberhaut bildet, hindert die Wärmeleitung und wirft zugleich die strahlende Wärme zu einem grossen Theile zurück. Sie verhütet daher die schmerzerzeugende Austrocknung oder Verbrennung der Thiergewebe während der kurzen Zeit, die hier in Betracht kommt. Die Anwesenheit von Schweiss oder die Benetzung der Haut sichert daher vor den schädlichen Einflüssen.

§. 1100. Die Stärke der Empfindung und die Dauer der Nachwirkung eines thermischen Eingriffes hängen nicht bloss von dem Leitungsvermögen, sondern auch von der Wärmecapacität des Berührungskörpers und der thierischen Zwischengewebe ab. Die Summe von Wärme oder die Zahl der Wärmeeinheiten, welche die Volumenseinheit jeder dieser Massen um eine Gradeseinheit erwärmen kann, kommt hier wesentlich in Betracht. Die Einflüsse des Leitungsvermögens und der specifischen Wärme können sich dabei gegenseitig unterstützen oder in verschiedenen Richtungen thätig sein. Quecksilber kommt uns seiner guten Wärmeleitung wegen kälter als Wasser von gleicher Temperatur vor. Der Mangel zuverlässiger Angaben über das Strahlungsvermögen, die Wärmeleitung und die specifische Wärme der Thiergewebe und den Wechsel derselben mit Verschiedenheit der Ernährungszustände hindern vorläufig,

die Abhängigkeit der Vertheilung der Eigenwärme von allen diesen Bedingungsgliedern genauer zu verfolgen. Man weiss nur im Allgemeinen, dass viele Thiergewebe die Wärme mit ungleicher Geschwindigkeit in verschiedenen Richtungen leiten. Die Nerven und die Muskeln besitzen diese thermische Doppelbrechung, eine Erscheinung, die sich auch in den Hölzern und in vielen Krystallen des nicht regulären Systemes wiederholt[1]).

§. 1101. Jede tiefere, durch Kälte oder Wärme erzeugte Molecularstörung des Markes führt zu lebhaften Schmerzen. Wir deuten sie als Brennen, wenn sie selbst aus dem Einflusse niederer Wärmegrade hervorgegangen ist. Taucht man die Ellenbogengegend in Eis oder in eine Kältemischung, so kann eine sehr langsame Wirkung eine Stufe erhöhter Empfindlichkeit und Beweglichkeit nach M. ROSENTHAL hervorrufen. Der bald entstehende Schmerz, den die Volumensänderung des Markes erzeugt, ziehlt sich eine Strecke weit von der Berührungsstelle nach abwärts. Unangenehme Empfindungen in dem kleinen Finger, dem Ringfinger und dem Mittelfinger, mithin in denjenigen Theilen des Endgliedes, in dessen Haut sich die Fasern des Ellenbogennerven verbreiten, eine eigene Art von Kriebeln, später das Gefühl von Taubheit und endlich dumpfe Schmerzen, eine schmerzhafte Zusammenziehung der Finger und selbst der Hand, Abnahme der Tastempfindlichkeit, Erblassen der Haut und Erniedrigung der Eigenwärme, der auch eine vorübergehende Röthung und Erhöhung der Temperatur als Reactionsversuch vorangehen kann, gesellen sich in der Folge hinzu. Diese krankhaften Empfindungen können das Gefühl der Kälte in den Hintergrund drängen oder gänzlich unterdrücken. Unterbricht man den Versuch, so kehrt sich im Allgemeinen die Reihenfolge der Erscheinungen der Zeit nach um. Röthe und Schmerz bleiben oft bis acht Tage zurück. Allzustarke Wirkungen können zu brandigen Zerstörungen führen. Versenkt man den Ellenbogen in Wasser, das über 40° bis 45° erwärmt ist, so zieht sich das Brennen ebenfalls längs des Stammes des Ulnarnerven hin und erscheint später in den Fingern wieder. Eine Stufe erhöhter Empfindlichkeit verräth sich hier in der Regel, ehe das Tastvermögen abnimmt. Wirkt Eis oder Wasser von 40 bis 42° C. auf die Zunge, so können alle Thätigkeitsrichtungen, der Geschmack, die Tast- und die Kälte- oder Wärmeempfindung verloren gehen.

---

[1]) HENLE und PFEUFER's Zeitschrift. Dritte Reihe. Bd. XIV. 1862. S. 155. 156.

§. 1102. Werden die thierischen Theile einem ungewöhnlichen Temperaturgrade ausgesetzt, so dauert es eine gewisse Zeit, bis die Leitung oder die Strahlung eine bedeutende Aenderung der Gewebe herbeigeführt hat. Die Dicke der isolirenden Oberhaut macht hierbei ihren Einfluss auf das nachdrücklichste geltend. Man kann daher im Allgemeinen sagen, dass die durch ungewöhnliche Wärmegrade erzeugten Störungen der Nerven- und der Muskelthätigkeit, der Flimmerbewegung und ähnlicher Erscheinungen, in geradem Verhältnisse zu der Wirkungsdauer der Temperatur und des Leitungsvermögens der thierischen Zwischengewebe stehen. Wir sind im Stande, den Finger in Wasser von 80° C. ohne wesentlichen Nachtheil eine Secunde lang einzutauchen. Heisses Wasser führt rascher zu dem Gefühle unerträglichen Brennens an dem dünnhäutigen Ellenbogen, als an den feiner tastenden, aber mit dickerer Oberhaut versehenen Fingerspitzen. Derselbe Unterschied wiederholt sich für andere Arten schmerzerregender Wirkungen.

§. 1103. Die Beschaffenheit der Nerven entscheidet über die subjectiven Empfindungen. Wir fühlen ungewöhnlich kalte oder warme Nahrungsmittel längs der Speiseröhre und nur kurze Zeit oder gar nicht im Magen. Kalte Klystiere werden im Mastdarme deutlicher als im unteren Theile des Grimmdarmes wahrgenommen. Die Molecularveränderung des Markes, welche die Wärme und besonders die Kälte erzeugt, kann die Thätigkeiten desselben unterdrücken. Die Gefässverengerung, die Hautblässe, der kalte Schweiss, die bei der Angst, dem Ekel, dem Erbrechen und einzelnen Hirnleiden auftreten, der Fieberfrost, der sich trotz der Zunahme der Eigenwärme geltend macht, bilden nur äussere Zeichen der krankhaften Molecularbeschaffenheit der Nervengewebe.

3. Elektrische Misshandlungen.

§. 1104. Das Zuckungsgesetz des lebenden Nerven (§. 136.) lehrt, dass mässig starke elektrische Ströme oder, richtiger ausgedrückt, weder zu grosse noch zu kleine Abgleichungsgeschwindigkeiten [1]) (§. 113.) nur Schliessungs- und keine Oeffnungszuckungen

[1]) Die Norm, dass nur die Anderung des elektrischen Zustandes, nicht aber ein beständiger Werth dieselben Zuckungen zu erzeugen pflegt, war schon Volta bekannt. (Siehe Collezione delle opere del Cav. Alessandro Volta, Patricio Comasco. Firenze. 1816. 8. Tomo II. P. I. p. 65. 66. §. 18.) und wurde auch später von Nobili angedeutet. Man findet überhaupt bei Volta viele Dinge, die einzelne nachfolgende Forscher als neu beschrieben. Er nahm schon das Hüftgeflecht und den Hüftnerven der Froschpräparate,

bei ab- wie bei aufsteigender Richtung ihres Durchflusses liefern. Die Bewegung des Stromes durch die Muskelmasse liefert das gleiche. Grössere Abgleichungsgeschwindigkeiten, vorzugsweise die, welche durch das Wachsthum der Stromstärken erzeugt werden, führen zu doppelten Wirkungen, zu Schliessungs- und zu Oeffnungszuckungen bei beiden Stromesrichtungen. Eine nähere Betrachtung leitet zu dem Wahrscheinlichkeitsschlusse, dass diese Wirkung den ersten Ausdruck einer krankhaften Nerventhätigkeit bildet (§. 252 fgg.).

§. 1105. Der Einfluss der Elektrolyse (§. 224.) und der der Triebkraft des Stromes (§. 237.) machen sich für die bewegliche Masse des Nervenmarkes nachdrücklich geltend, wenn auch der Strom eine nur kurze Zeit durchgeht. Die grosse Elasticität (§. 205.)

---

um mit einem längeren Nervenstücke zu arbeiten (T. II. P. I. p. 86.), kannte den Wirkungsunterschied der Elektricität auf die quergestreiften und die einfachen Muskelfasern (T. II. P. I. p. 115. Vgl. auch p. 150. 211. T. II. P. II. p. 41.), bestätigte den von Fontana beobachteten Einfluss des Galvanismus auf das Herz (Ebendas. p. 213.), gab einige der Hauptbedingungen, Zuckungen ohne Metalle zu erzeugen, richtig an (T. II. P. I. p. 256.), leitete aber im Anfange die Zusammenziehung von Zerrungen des Nerven her (T. II. P. I. p. 227), erklärte das galvanische Froschpräparat für das empfindlichste Rheoskop (Ebendas. p. 232. T. II. P. II. p. 237. 272.), entdeckte die Geschmackswirkung des elektrischen Stromes, ohne die frühere Beobachtung von Sulzer zu kennen (T. II. P. I. p. 163. 180.) und wies nach, dass der sauere Geschmack auch auftritt, wenn eine alkalische Flüssigkeit die Zunge umspült (T. II. P. II. p. 5. 6.). Volta fand ferner, dass der Schmerz auch während der Dauer des Kettenschlusses anhält (Ebd. p. 118 u. 221.), die Lebhaftigkeit des subjectiven Blitzes (jenseit einer gewissen Grenze) bei dem Gebrauche einer stärkeren Batterie nicht zunimmt (Ebd. p. 125.) und der Galvanismus auch subjective Gehörempfindungen erzeugt (Ebd. p. 126. 127.), eine Erscheinung, die er zu anderen Zeiten in Abrede gestellt hatte (T. II. P. I. p. 180.). Die Anweisung, die er Configliachi für die Untersuchung der Zitterrochen gab, enthält schon den Vergleich der elektrischen Werkzeuge dieser Thiere mit einer aufgeschichteten galvanischen Säule (Ebd. p. 129—31. 233. 234.), betont die Zusammensetzung derselben aus Leitern zweiter Ordnung (Ebd. p. 193.), vergleicht den Schlag des Thieres unter Wasser mit den Seitenströmen, welche die in ein Wasserbecken eintauchenden Hände eines Menschen empfangen (Ebd. p. 113.) und räth die Bauchseite und die Hinterseite (schiena) des Thieres mit seinem Elektroskope zu prüfen (Ebd. p. 256. 257.) und das rheoskopische Froschpräparat für Schläge, die ihrer Schwäche wegen nicht mehr gefühlt werden, zu benutzen (Ebd. p. 272.). Volta kannte schon den grossen Leitungswiderstand des aus feuchten Geweben bestehenden menschlichen Körpers (Ebd. p. 248.), suchte die nach ihm genannten Abwechselungen nicht bloss für die Bewegungs-, sondern auch für die Empfindungsnerven nachzuweisen (Ebd. p. 219—221.), kam dem Gedanken, specifische Energieen für die verschiedenen Nervenarten anzunehmen, sehr nahe (T. II. P. I. p. 95.) und beschrieb die Reflexwirkungen der Muskeln des enthaupteten Frosches (Ebd. p. 244.). Es war ihm und seinen Zeitgenossen entgangen, dass schon Prochaska den allgemeinen Weg der Reflexthätigkeit naturgemäss erläutert hatte.

des lebenden Nerven kann den hierdurch erzeugten, oft nur durch die Aenderung der Lebenswirkungen kenntlichen Molecularumsatz rasch beseitigen. Greift aber die Wirkung der Elektricität abermals ein, während noch eine ungewöhnliche Mischung des Markes vorhanden ist, so vermag eine Oeffnungszuckung aufzutreten, wenn sie bei einer minder regelwidrigen Beschaffenheit des Markes fehlen würde. Manche lebende Frösche bleiben daher auch dem Zuckungsgesetze des lebenden Nerven treu, wenn die stärksten Batterieen wirken. Andere dagegen liefern schon doppelte Wirkungen bei langsamen Abgleichungen (§. 136.). Die Uebergangsform, dass die Oeffnungszuckung bei jeder Stromesrichtung schwächer als die Schliessungszuckung ausfällt, und die umgekehrte Wirkungsweise, nachdem eine Anzahl von Strömen durch den Nerven geleitet oder dieser sonst misshandelt worden, zeugen ebenfalls für die Ansicht, dass die Oeffnungszuckung einer nicht ganz regelrechten Zusammensetzung des Markes entspricht. Wir haben schon §. 248. fgg. gesehen, welche Schwierigkeiten der Mangel derselben in dem lebenden Nerven der theoretischen Auffassung entgegensetzt.

§. 1106. Die Hartnäckigkeit, mit der sich das Zuckungsgesetz des lebenden Nerven erhält, wenn örtliche Misshandlungen nicht eingreifen, bestätigt diese Auffassungsweise der Bedeutung der Oeffnungszuckung. Es verharrt, wenn die Kräfte des Nerven im Winterschlafe der Murmelthiere sinken. Das allmählige Absterben derselben nach dem Tode lässt es bis zu den letzten Resten der Empfänglichkeit fortdauern. Die heftigsten betäubenden Gifte vernichten das Leben, nicht aber das blosse Auftreten von Schliessungszuckungen bei mässigen Abgleichungsgeschwindigkeiten des elektrischen Stromes. Mechanische, thermische, elektrische und chemische Eingriffe dagegen, welche die Lagen und die Formen der Molecüle der Nervengewebe durchgreifend ändern, lassen sogleich die Oeffnungszuckungen zum Vorschein kommen. Nur die örtlich veränderte Stelle oder sie und ein längerer oder kürzerer Nachbarbezirk bieten dann die Abweichung von dem Zuckungsgesetze des lebenden Nerven dar. Die vergleichende Prüfung des durch Zerrungen misshandelten Hüftgeflechtes und des in dem unversehrten Oberschenkel enthaltenen Hüftnerven mit eingestochenen Elektrodennadeln weist diese beiden Wirkungsarten am häufigsten nach.

§. 1107. Greift die elektrische Misshandlung tiefer ein, so liefert auch der lebende Nerv ähnliche von der Stromesrichtung abhängige Wirkungen, wie der durch die Herrichtung veränderte des

galvanischen Froschpräparates. Beide pflegen dann mässige absteigende Abgleichungsgeschwindigkeiten nur mit Schliessungs- und aufsteigende mit Oeffnungszuckungen zu beantworten. Man hat aber hier alle möglichen Uebergänge von dem Zuckungsgesetze des lebenden Nerven zu dieser Wirkungsweise. Die doppelten Wirkungen fallen ungleich aus. Die Oeffnungszuckung erscheint zuerst bei dem aufsteigenden Strome grösser, als bei dem absteigenden. Nur eine der beiden Stromesrichtungen liefert später noch zweifache Erfolge. Es hängt von der Mischung des Nervenmarkes ab, ob die Oeffnungszuckung des absteigenden oder, was häufiger vorzukommen scheint, die Schliessungszusammenziehung des aufsteigenden Stromes früher verloren geht. Verfolgt man die Erscheinungen, wie sie sich im Laufe des Fortschreitens der Markzerstörung zeigen, so findet man häufig, wie WUNDT schon für Froschpräparate hervorgehoben hat, dass die Schliessungszuckungen des einen und die Oeffnungszusammenziehungen des entgegengesetzten Stromes gleichzeitig, wenn auch nicht in demselben Maasse steigen. Der Wechsel der Ströme oder Erholungspausen zwischen den einzelnen Erregungen begünstigen die Schliessungszuckungen. Noch durchgreifendere Zerstörungen des Markes durch den Einfluss der Ströme können die eine Stromesrichtung völlig unwirksam machen, so dass z. B. der absteigende Strom erfolglos bleibt, während der aufsteigende eine Oeffnungsverkürzung liefert.

§. 1108. Die umgekehrte Stimmungsrichtung, dass der absteigende Strom nur eine Oeffnungs- und der aufsteigende eine Schliessungszuckung erzeugt, kommt im Leben wie nach dem Tode seltener vor. Wir haben schon §. 1090. gesehen, dass man sie durch Kälte künstlich erzeugen kann und wesshalb sie wahrscheinlich RITTER und viele seiner Nachfolger für die natürliche und die entgegengesetzte, die in Froschpräparaten als Regel bemerkt wird, für eine künstlich aufgedrungene Wirkungsweise hielten. LONGET, MATTEUCCI und SCHIFF [1]) bemerkten, dass die blossgelegten vorderen Wurzeln der Rückenmarksnerven eine Schliessungszusammenziehung bei dem aufsteigenden und eine Oeffnungszuckung bei dem absteigenden Strome geben, wenn sie nicht mehr nach der Norm des Zuckungsgesetzes des lebenden Nerven antworten. Dasselbe soll für die vorderen Rückenmarksstränge nach den beiden erstgenannten Forschern wiederkehren.

---

[1]) SCHIFF, Physiologie S. 82.

§. 1109. Man hat sich bemüht, sogenannte Erregbarkeitsstufen anzugeben, die der Nerv während des Lebens und in Folge des Absterbens nach und nach durchlaufen sollte. Lassen wir die von RITTER aufgestellten Normen[1]) welche den Gegensatz der Beuger und der Strecker mit diesen Verhältnissen in Beziehung brachten, unberücksichtigt, so betrachtete NOBILI die doppelten Wirkungen bei beiden Stromesrichtungen als die erste Stufe der Wirkungsart. Die zweite lieferte eine vorherrschende Schliessungszuckung bei absteigendem und nur eine Oeffnungszuckung bei aufsteigendem Strome, die dritte diese und nur eine Schliessungszusammenziehung bei dem Absteigen des Stromes. Man pflegt diese Wirkungsweise mit dem Namen des Marianini'schen oder auch des Ritter-Pfaff'schen Gesetzes zu bezeichnen. Die Schliessung des absteigenden Stromes allein wirkt noch auf der vierten Stufe der Erregbarkeit. HEIDENHAIN glaubte annehmen zu müssen, dass man eine Stufe, auf welcher der absteigende Strom eine Oeffnungs- und der aufsteigende eine Schliessungszuckung gibt, an die Spitze der Nobili'schen Reihe stellen sollte, weil diese Wirkungsart der des unversehrten Lebens am nächsten stehe (§. 1090.). Wer sich viel mit den Wirkungen der galvanischen Erregung misshandelter Nerven beschäftigt hat, wird die Ueberzeugung gewonnen haben, dass ein doppeltes Missverständniss dem Bemühen, solche Normen aufzustellen zum Grunde liegt. Geht die Oeffnungszuckung aus einer krankhaften Veränderung des Nerveninhaltes hervor, so kann keine andere Norm, als die der Schliessungszuckung bei beliebiger Stromesrichtung den regelmässigen Lebenswirkungen zum Grunde liegen. Es ist aber eben so wenig gerechtfertigt, die angegebenen Stufen auf das Absterben zu beziehen. Der vollkommen regelrechte Nerv gehorcht dem Zuckungsgesetze des lebenden Nerven bis zu den letzten Augenblicken seiner Leistungsfähigkeit. Nur Misshandlungen, die zu einer anderen Molecularbeschaffenheit führen, erzeugen Wirkungen, die von jener Norm abweichen. Da sie nicht allein oder auch überhaupt nicht von der Zeit des Absterbens, sondern von der Art des Molecularumsatzes abhängen, so verrückt nur ein jedes Bemühen, die zeitlichen Veränderungen ausschliesslich im Auge zu behalten, den richtigen Standpunkt. Hätte man sich die aus dem Hüftnerven und den entsprechenden Muskeln bestehenden Präparate aus Säuge-

[1]) Eine tabellarische Zusammenstellung derselben findet sich bei DU BOIS, Untersuchungen über thierische Elektricität. Bd. I. 1848. 8. S. 319.

thieren und nicht aus Fröschen bereitet, so würde der Irrweg der Erregbarkeitsstufen nicht betreten worden sein, weil jene das Zuckungsgesetz des lebenden Nerven selbst nach der Sonderung und Trennung des Hüftnerven zu geben pflegen. Die Herstellung galvanischer Froschpräparate oder der Durchfluss allzustarker Ströme durch den lebenden Nerven der Säugethiere und der Frösche ändert das Mark in der grössten Zahl der Fälle in der Art, dass sich das Marianini'sche Gesetz geltend macht. Eine jede andere Wirkungsweise dagegen bleibt zu allen Zeiten möglich, weil sie nicht von diesen, sondern von dem künstlich hervorgerufenen oder dem krankhaften Wechsel der Markbeschaffenheit abhängt.

§. 1110. Es ist möglich, dass die durch die Muskelmasse geleiteten Ströme nur Schliessungszuckungen bei jeder Durchgangsrichtung liefern, die Erfolge dagegen nach Maassgabe der Verschiedenheit der Stromesrichtungen wechseln lassen, so wie sie den Nerven durchsetzen. Das Hüftgeflecht und der Hüftnerv können einen ähnlichen Unterschied darbieten. Es kommt bisweilen in Säugethieren vor, dass man eine sogenannte spätere Stufe der Empfänglichkeit an einem centraleren und eine frühere an einem peripherischeren Bezirke des blossgelegten Nerven bemerkt. Man hat diese Erscheinungen als einen Beweis angegeben, dass die Nervenstämme ihre Lebenskräfte in absteigender Richtung verlieren. Eine nähere Betrachtung lehrt aber wiederum, dass hier alles von der Molecularbeschaffenheit der von dem Strome durchflossenen Strecke, mithin von der Wirkung der vorangegangenen Misshandlung abhängt.

§. 1111. Die Ergebnisse wechseln oft genug nach Maassgabe dieser Beziehungen. Die an den Nerven erstarrter Murmelthiere angestellten Beobachtungen (§. 153.) lehrten, dass man einen richtigen Nervenstrom in einem ersten Querschnitte und einen umgekehrten in einem benachbarten zweiten haben kann. Dasselbe wiederholt sich im Verlaufe der Fäulniss, wenn zuerst der regelrechte Nervenstrom immer schwächer wird und sich später nach dem Durchgange durch den Nullpunkt des Gegensatzes umkehrt. Leitet man einen Bezirk der Längsfläche und einen des Querschnittes am Galvanometer ab, so erhält man die Summe der Wirkungen der dazwischen liegenden Nervenmassen, es mögen alle in gleichem Sinne oder ein Theil in dem einen und ein anderer in dem entgegengesetzten wirken. Dasselbe wiederholt sich für die Verkürzungseinflüsse. Die Molecularbeschaffenheit des Markes, die das Auftreten des Zuckungsgesetzes des lebenden Nerven und die, welche eine andere Wirkungsnorm

in dem misshandelten Marke bestimmt, kann auf die kleinsten Ausdehnungen beschränkt bleiben. Die Erfolge wechseln daher auch bisweilen auf das mannichfachste mit der Oertlichkeit der angesprochenen Nervenstelle.

§. 1112. Hatte ich die Bauchaorta eines kräftigen Kaninchens nach der Spaltung der Bauchdecken unterhalb des Abganges der Nierenschlagadern unterbunden und die beiden Elektrodennadeln in die Oberschenkelgegend des Hüftnerven oder in den Wadenmuskel gestochen, so bewährte sich wiederum die Zähigkeit des Zuckungsgesetzes des lebenden Nerven. Die willkürliche Bewegung und die Empfindlichkeit der Hinterbeine verloren sich nach kurzer Zeit. Die galvanische Erregbarkeit wurde immer geringer. Sie schwand aber nicht gänzlich während der Viertelstunde, während der ich die Aorta geschlossen liess. Man hatte dann nur eine Schliessungszuckung oder diese und eine sehr schwache Oeffnungszuckung zu allen Zeiten des Versuches. Die Stärke der Wirkung nahm nur mit der Dauer der Unterbrechung des Kreislaufes ab und mit der Wiederkehr desselben zu. Blutlaugensalz, das in eine Wunde des linken und Strychnin, das in eine solche des rechten Hinterbeines gebracht worden, wurden nicht merklich aufgesogen, so lange der Kreislauf der hinteren Körperhälfte stockte. Die Beschleunigung der Athmung stellte sich sogleich, die erhöhte Reizempfänglichkeit ungefähr sechs und der Tod unter einem heftigen Krampfanfalle sieben Minuten nach der Oeffnung der Aortenunterbindung ein. Wir haben schon §. 1033. gesehen, dass die Muskeln der Hinterbeine, besonders des Unterschenkels die heftigen Schläge des Magnetelektromotors nicht beantworten, wenn der Blutlauf derselben seit einer hinreichend langen Zeit durch die Aortenunterbindung aufgehoben worden. Die Einspritzung von Blut in ein losgelöstes Glied dagegen kann die Zusammenziehungen von Neuem verstärken.

§. 1113. Lässt man die Muskelcurven aufschreiben, so ereignet sich nicht selten, dass der Stift nicht ganz zur Abscisse während der Dauer des Kettenschlusses zurückkehrt[1]). Dieses kann von einer zu grossen Reibung desselben, also von einem Täuschungsergebnisse oder davon herrühren, dass die Schliessungszuckung so langsam sinkt, dass sie zur Zeit der Oeffnung der Kette noch nicht unmerklich geworden. Wir haben dagegen schon §. 128. die Be-

[1]) Siehe z. B. solche Curven in: Die Zuckungsgesetze des lebenden Nerven und Muskels. Leipzig und Heidelberg 1863. S. 26. Fig. 4. S. 33. Fig. 6. S. 34. Fig. 7.

dingungen kennen gelernt, unter denen die Curarevergiftung des Frosches zu einer auch während des Kettenschlusses fortdauernden, allmählig abnehmenden und mit der Oeffnung plötzlich aufhörenden Zusammenziehung führt.

§. 1114. Hatte PFLÜGER die Polarisationsstörungen des Stromes durch den Gebrauch von Platinelektroden und rauchender Salpetersäure möglichst beseitigt, so fand er, dass es von der Stromstärke abhängt, ob die Muskelzusammenziehung während des Geschlossenseins der Kette fortdauert oder nicht. Sehr schwache Ströme führen nie zu einem Starrkrampf, der während jenes Zeitraumes anhält. Er beginnt dagegen bei Strömen, die ungefähr von gleicher Ordnung, wie der Muskelstrom des Wadenmuskels des Frosches zu sein scheinen, vergrössert sich mit Zunahme der Stromstärke, erreicht bald sein Maximum und sinkt später zu Null, so dass alle kräftigeren Ströme keinen Starrkrampf mehr während der Dauer des Geschlossenseins der Kette hervorrufen. Man stösst nach PFLÜGER auf lebhaftere Wirkungen bei auf- als bei absteigendem Strome. Sie wachsen rasch mit der Länge der durchflossenen Nervenstrecke. Die Beobachtungen von FICK [1]) bestätigten ebenfalls, dass die durch Nervenreizung erregten Zuckungen während der Dauer des Geschlossenseins der Kette auftreten können.

§. 1115. Verfolgte WUNDT die Längenänderungen eines ausgeschnittenen Froschmuskels mit dem Fernrohre (§. 311.), so fand er, das dieser um eine geringe Grösse während der Wirkung eines beständigen Stromes kürzer blieb, als nach der Beendigung der Schliessungszuckung. Der Unterschied glich sich sehr langsam, erst nach einer Reihe von Minuten aus. Oeffnet man die Kette, so erhält man entweder eine Oeffnungszuckung und findet hierauf den Muskel verlängert, oder das Letztere tritt plötzlich ein, ohne dass früher eine Zusammenziehung zum Vorschein kam. Man bemerkt den zweiten Fall am häufigsten bei aufsteigendem Strome, unter dessen Einflusse auch die dauernde Verkürzung bedeutender auszufallen pflegt. Der absteigende liefert in der Regel eine eingeschaltete Oeffnungszuckung.

§. 1116. REMAK [2]) hat eine Reihe von Erfahrungen mitgetheilt, in denen stärkere beständige Ströme anhaltende Zusammenziehungen

---

[1]) AD. FICK, Beiträge zur vergleichenden Physiologie der irritablen Substanzen. Braunschweig 1863. 4. S. 21.

[2]) REMAK, Galvanotherapie der Nerven- und Muskelkrankheiten. Berlin 1858. 8. S. 63.

während der Dauer des Geschlossenseins der Kette erzeugten. Er deutet sie jedoch schon selbst so, dass sie nicht mit den §. 1113 bis 1115. erwähnten Erfahrungen zusammengestellt werden können. Hebt man das obere Augenlid eines Kaninchens in die Höhe und leitet den Strom von zwei bis drei Daniell'schen Elementen durch die Bindehaut, so sieht man die fibrillären Zuckungen des geraden oberen Augenmuskels durchschimmern. Ein Strom von fünf oder mehr Elementen erzeugt einen Starrkrampf, der keine Verkürzungsschwankungen mehr, selbst unter der Lupe verräth. Zittern die Tasthaare des Kaninchens aus irgend einem Grunde anhaltend, so stehen sie an der einen Seitenhälfte des Gesichtes still und die Lippen verziehen sich nach dieser Richtung, wenn man durch sie einen Strom von zehn Elementen leitet. Mag dieser, wie er wolle, durchgehen, so verfallen die blossgelegten Gesichtsmuskeln in Starrkrampf bei grösserer und in fibrilläre Wechselkrämpfe bei gringerer Empfänglichkeit. Nur diese zeigen sich in den Kaumuskeln und den Muskeln der Gliedmaassen. Versuche, die REMAK [1]) am Menschen machte, führten ihn zu dem Schlusse, dass meistentheils Ströme von 20 bis 30 Daniell'schen Elementen hinreichen, eine tonische Zusammenziehung an dem Arme während der Dauer des Geschlossenseins der Kette hervorzurufen. Sie erscheint jedoch erst bei dem Gebrauche einer Batterie von 40 bis 50 Daniell in manchen Personen. Man vermisst sie immer bei der Anwendung schwächerer Ströme und erhält sie, man mag den kräftigeren Strom durch ein kürzeres oder ein längeres Nervenstück gehen lassen. Sie kann fehlen, wenn auch der Strom einen unerträglichen Schmerz erzeugt und auftreten, wenn sein Durchgang durch die Muskelmasse keine Schliessungszuckung zur Folge hat. Zeigt sie sich nicht bei dem ersten Ansatze des Stromgebers, so erscheint sie bei dem zweiten oder einem folgenden, nachdem der beständige Strom die Muskelmasse eine Zeit lang durchkreist hat. Der Wille kann dem Starrkrampfe bis zu einem gewissen Grade entgegenwirken. REMAK [2]) selbst sucht die Ursache dieser Erscheinungen in kleinen Stromesschwankungen, die aus mechanischen Ursachen oder aus der Polarisation bei dem Gebrauche starker Batterieen hervorgehen. Nebenschleifen so starker Ströme können auch klonische oder tonische Zusammenziehungen von Muskeln erregen, die von dem getroffenen Nerven nicht abhängen.

---

[1]) REMAK, Ebendaselbst. S. 57—59.

[2]) REMAK, Ebendaselbst. S. 68—69 und S. 88 fgg.

§. 1117. Der Einfluss, den der Durchgang eines galvanischen Stromes auf den Nerven ausübt, kann sich nach dreierlei Richtungen hin geltend machen. Die Molecüle des Nerven werden in einer ungewöhnlichen Stellung erhalten. Die elektromotorischen Beziehungen der natürlichen Längsfläche und des künstlichen Querschnittes ändern sich daher. Diese Erscheinung verräth sich am Galvanometer in der Form des Elektrotonus (§. 142.). Wir haben schon §. 243 fgg. gesehen, dass ein rascher und bedeutender Wechsel dieser Wirkungsbeziehung nicht nothwendiger Weise eine Zusammenziehung des Muskels erzeugt. Die Triebkraft des Stromes sucht einzelne Bestandtheile des Muskels von einem Pole zum anderen zu verschieben. Die Elektrolyse endlich besteht in einer so durchgreifenden Aenderung der Molecularbeschaffenheit, dass sich diese schon unseren verhältnissmässig stumpfen physikalischen und chemischen Prüfungsmitteln verräth. Die vielseitige Wirkungsweise macht es möglich, dass der beständige Strom die Eigenschaften der Bewegungsnerven für immer oder nur vorübergehend ändert. Der Erfolg hängt aber nicht von ihm allein, sondern von dem Widerstande, den die Nervenmolecüle der augenblicklichen oder bleibenden Umlagerung entgegensetzen, ab. Das Mark ist um so elastischer (§. 204.), je lebenskräftiger der Nerv und je weniger er misshandelt worden. Der umsetzende Einfluss des Stromes stösst daher im Allgemeinen auf grössere Schwierigkeiten in gesunden und nervenstarken Geschöpfen, als in kranken und nervenschwachen, in lebenden, als in getödteten Thieren, in nicht durchschnittenen Nerven, die sich in ihrer natürlichen Lage befinden und sich der Vortheile des Blutlaufes erfreuen, als in gesonderten, mechanisch, thermisch, elektrisch oder chemisch misshandelten.

§. 1118. Greift die elektrolytische Zerstörung mächtiger Ströme kraftvoll durch, so wechselt die Moleculargruppirung des Markes von Augenblick zu Augenblick mit solcher Geschwindigkeit und Unregelmässigkeit, dass eine Reihe bald steigender und bald fallender Zuckungen während der Dauer des Geschlossenseins der Kette zum Vorschein kommt. Die von den Seitenströmen unmittelbar durchflossenen Oberschenkelmuskeln des Frosches liefern sie früher, als der von dem Hüftnerven beherrschte Wadenmuskel, wenn man die Elektroden in dem Oberschenkel längs des Verlaufes jenes Nerven befestigt hat. Die Zersetzung des Markes erreicht allmählig einen so hohen Grad, dass die Leistungsfähigkeit immer mehr sinkt und endlich vollkommen verloren geht. Da sie nicht in allen Fasern

desselben Nervenstammes mit gleicher Schnelligkeit eingreift und ich auch der elektrische Widerstand des Nervenmarkes mit der Beschaffenheit desselben und der Faserbreite ändert, so ruhen einelne Muskelbündel, während andere zittern, ehe die Lähmung alle Theile des Nerven ergriffen hat. Die von dem Strome unmittelbar lurchflossene Nervenstrecke verliert ihre Leistungsfähigkeit früher, ls die äusseren Bezirke. Sind auch diese unthätig geworden, so ann immer noch der Strom Verkürzungen erzeugen, wenn er die Muskelmasse selbst durchsetzt. Alle diese Veränderungen treten n dem lebenden Nerven selbst bei starken Batterieen schwerer auf, ls in dem misshandelten Hüftnerven des galvanischen Froschpräparates.

§. 1119. Antwortet dieses in gewöhnlicher Weise oder nach ler Vorschrift des Marianini'schen Gesetzes (§. 1109.) und lässt man einen verhältnissmässig nicht zu kräftigen Strom in aufsteigender Richtung durch den Hüftnerven gehen, so ergreift oft ein heftiger unregelmässiger Starrkrampf den Wadenmuskel unmittelbar nach dem Oeffnen der Kette. Man nennt diesen den Ritter'schen Oeffnungstetanus. Die Muskelmasse bleibt zwar fortwährend mehr oder minder zusammengezogen. Sie zuckt aber häufig, weil die Verkürzungsgrösse von Zeit zu Zeit sprungweise wächst, nachdem sie vorher rascher oder langsamer abgenommen hat. Dieser unregelmässige Gang deutet an, dass die Nachschwingungen der Molecüle, die in ihre frühere Gleichgewichtslage aus ihrer durch den Stromdurchgang erzeugten ungewöhnlichen Stellung zurückzukehren suchen, nicht gleichförmig abnehmen, sondern plötzlich Steigungen und Senkungen darbieten. Es wäre möglich, dass verstärkende und schwächende Interferenzen der Bewegung der Nervenmolecüle (§. 212.) die Hauptursache der Schwankungen der Muskelzusammenziehung bildeten. Schliesst man die Kette von Neuem in aufsteigender Richtung, so hört in der Regel der Starrkrampf auf. Er verstärkt sich dagegen bisweilen in merklichem Grade, wenn man einen absteigenden Strom durch den Nerven treten lässt. Dieser erzeugt zwar seltener den Ritter'schen Oeffnungstetanus. Allein die Erfahrungen von ROSENTHAL, WUNDT und mir lehrten, dass er auch bei dieser Stromesrichtung möglich ist, nur dann minder häufig zum Vorschein kommt und schwächer auszufallen pflegt. PFLÜGER fand noch hierbei einen eigenthümlichen Unterschied. Hat man den Oeffnungsstarrkrampf durch einen absteigenden Strom erzeugt, so hört er auf, wenn man den Nerven in der Mitte der Strecke, die von dem Strome

durchsetzt war, trennt. Er erhält sich aber nach der Durchschneidung dieser Stelle und schwindet nach der etwas unterhalb des früheren Berührungspunktes der positiven Elektrode, wenn er durch einen aufsteigenden Strom hervorgerufen worden.

§. 1120. Die grössere Elasticität der lebenden Nerven bedingt es, dass man hier in der Regel den Oeffnungsklonus statt des Ritter'schen Starrkrampfes hat. Leitet man einen aufsteigenden nicht zu schwachen Strom durch den Hüftnerven eines enthirnten Frosches, so besteht oft die Oeffnungszuckung aus mehreren Zusammenziehungen, die durch Erschlaffungen von einander getrennt werden oder unmittelbar in einander übergehen, indem die zweite Erhebung beginnt, ehe die erste vollständig geschwunden ist[1]). Diese Erscheinung hängt von dem Stimmungszustande des Nerven wesentlich ab. Die Zerstörung des Gehirnes oder des Rückenmarkes des Frosches erhöht die Beweglichkeit der Nervenmolecüle. Der Oeffnungsklonus entsteht daher unmittelbar nach diesem Eingriffe leichter, als einige Zeit später. Merkliche Zwischenzeiten der Ruhe schalten sich häufig zwischen den einzelnen Zuckungen ein. Wir werden sehen, dass viele örtliche chemische Reize und manche Vergiftungen die gleichen Wirkungen hervorrufen.

§. 1121. Geht ein hinreichend starker, aber noch nicht lähmender Strom durch den Hüftnerven eines Froschpräparates, so ändert sich nach und nach die Stimmung der Bewegungsfasern desselben in eigenthümlicher Weise. Die Empfänglichkeit für die Oeffnung desselben Stromes und die Schliessung des entgegengesetzten nimmt zu, die für den Schluss dagegen und für eine neue Einwirkung des gleichgerichteten Stromes überhaupt ab. Da man früher die Erscheinungen, die den Kettenschluss begleiten, vorzugsweise berücksichtigte, so sagte man auch, dass die anhaltende Durchleitung eines galvanischen Stromes in einer Richtung die Empfänglichkeit des Nerven für diese Stromesrichtung abstumpft und die für die entgegengesetzte erhöht. Wir werden sogleich sehen, dass diese Bezeichnungsweise für manche Fälle richtiger ist, als jene erstere Darstellung. Man nennt die Erscheinung die Voltaische und bisweilen auch die Ritter'sche Alternative.

§. 1122. Die Auffassung derselben nach den Grundanschauungen, die uns bei der Betrachtung des Oeffnungstetanus oder des Oeffnungsklonus geleitet haben, kann die Verhältnisse von einem allgemeineren

[1]) Die Zuckungsgesetze des lebenden Nerven. S. 27. Fig. 5.

andpunkte aus klar machen. Der Strom sucht die Nervenmolecüle seinem Sinne zu richten. Schnellen diese nach dem Oeffnen rück und schwingen hierauf hinreichend weit und rasch, aber unzelmässig nach, so hat man den Oeffnungstetanus bei geringerem d den Oeffnungsklonus bei grösserem elastischem Widerstande des ervenmarkes. Kommen sie nach dem Oeffnen nicht mehr in ihre ihere Lage, sondern bewahren mehr oder minder die Stellung, e dem durchgetretenen Strome entspricht, so hat ein neuer gleich arker Strom derselben Richtung wenig oder nichts mehr zu vercken. Einer der entgegengesetzten Richtung aber kann eine össere Bewegung der Molecüle erzeugen, als wenn sich diese in r regelrechten Gleichgewichtslage befunden hätten. Man erhält iher die Voltaische Alternative. Sie wird ohne eine verstärkte effnungswirkung vorkommen, wenn die Nervenmolecüle bei dem effnen der Kette in ihrer Stellung verbleiben oder zu wenig oder langsam zurückschnellen. Man beobachtet daher auch oft die oltaische Alternative ohne Oeffnungskrämpfe, ja nach dem Aufhören ler sichtlichen Zusammenziehung, vorzugsweise bei absteigendem trome. Nur die zweite §. 1121. gegebene Ausdrucksweise und nicht die ste passt daher für diese Fälle. Die Grösse der zurückbleibenden Verckung bestimmt es, ob später der gleichgerichtete Strom schwächer ler gar nicht wirkt. Dieser Umstand und die noch mögliche Beegung der Molecüle im Sinne des entgegengesetzten Stromes entheiden über den Erfolg desselben.

§. 1123. Man kann diese Einflüsse der beständigen Ströme dem gesonderten Hüftnerven der gewöhnlichen Froschpräparate icht nachweisen, wenn man sie selbst nicht in einem mit Wasserampf gesättigten Raume aufbewahrt und daher die Wirkungen des introcknens neben denen des galvanischen Stromes einhergehen. ticht man dagegen die Elektrodennadeln unmittelbar in den Oberhenkel eines enthaupteten Frosches, so erhält sich häufig das ckungsgesetz des lebenden Nerven mit grosser Hartnäckigkeit, chdem auch mässige Ströme längere Zeit durchgegangen sind. ie Ernährungsflüssigkeit kann hier in ähnlicher Weise wiederherellend wirken, wie bei einem durch seine übermässige Thätigkeit schöpften Nerven eines Froschpräparates. Enthirnt man nur den rosch, lässt man also den Blutlauf fortbestehen, so nimmt im Allemeinen der Widerstand gegen das Auftreten der Voltaischen Alterative noch mehr zu. Gelingt es auch Wirkungen, die ihnen ent-

sprechen, herzustellen, so fallen sie doch meist unregelmässiger aus und halten nur kürzere Zeit an.

§. 1124. Dringt der beständige Strom eine andere zurückbleibende Stimmungsrichtung dem Marke auf, so lässt sich dieses mit der dauernden Elasticitätsveränderung eines Körpers durch allzugrosse Dehnung vergleichen. Dieser Erfolg tritt aber im Allgemeinen in einer Masse, für welche die Grenzen der vollkommenen Elasticität weiter aus einander liegen, schwerer auf. Der geschonte lebende Nerv befindet sich in diesem Falle. Er unterliegt daher minder leicht, als der misshandelte des unversehrten Thieres oder des Froschpräparates. Der tiefer durchgreifende Molecularumsatz, den stärkere Ströme nach kürzerer oder schwache nach längerer Zeit erzeugen und den wir als Elektrolyse bezeichnen, verkleinert zwar in der Regel die Leistungsfähigkeit der Nerven früher oder später. Sie kann aber für die eine Erregungsweise stärker, als für eine andere sinken. Man findet dann, dass die absteigende, nicht aber die aufsteigende Stromesrichtung zu Zuckungen führt oder umgekehrt.

§. 1125. RITTER und seine Nachfolger haben häufig angenommen, dass der aufsteigende Strom erregend, der absteigende dagegen erschöpfend wirkt, weil jener den Oeffnungstetanus (§. 1119.) in den gewöhnlichen Froschpräparaten erzeugt und es bei der Herstellung der Voltaischen Alternative häufig vorkommt, dass später die Wirkungen des absteigenden Stromes selbst nach dem Durchgange eines aufsteigenden ausbleiben, die Oeffnungszuckung des letzteren dagegen immer noch verharrt. Die selten vorkommenden Froschpräparate, welche die dem Marianinischen Gesetze entgegengesetzte Stimmung darbieten und daher bei dem Schlusse des aufsteigenden und der Oeffnung des absteigenden Stromes zucken, weisen diese Auffassung zurück. Die anhaltende Wirkung des aufsteigenden Stromes ist hier nachtheiliger als die des absteigenden[1]. Nicht die Stromesrichtung, sondern die Molecularbeschaffenheit des Markes bestimmt den Erfolg. Man kann im Allgemeinen behaupten, dass der dauernde Durchfluss derjenigen Stromesrichtung, welche die Schliessungszuckung herbeiführt, ungünstiger wirkt. Sie entspricht der absteigenden in den gewöhnlichen und der aufsteigenden in den seltener vorkommenden umgekehrt antwortenden Präparaten.

---

[1]) Siehe das Nähere: Lehrbuch der Physiologie. Zweite Auflage. Bd. II. Abth. II. Braunschweig 1848. 8. S. 644.

§. 1126. Die Schliessungszuckung geschwächter Nerven schwindet leichter unter dem Einflusse der anhaltenden Wirkung derjenigen Stromesrichtung, die sie erzeugt hat. Sie stellt sich im Allgemeinen durch die Thätigkeit eines entgegengesetzt gerichteten Stromes eher, als die Oeffnungszuckung her. Dieser Doppelsatz gilt nicht bloss für die Froschpräparate, sondern auch für den lebenden Nerven, wenn ihn elektrische Misshandlungen durchgreifend änderten.

§. 1127. Hat der fortgesetzte Durchfluss eines Stromes die frühere Stimmung des Nerven beseitigt und die Leistungsfähigkeit desselben herabgesetzt, so erhöht sich oft nur die letztere während der späteren Ruhezeit. Es kommt in selteneren Fällen vor, dass auch die frühere Stimmungsrichtung sogleich zurückkehrt. Liefert der absteigende Strom keine Schliessungszuckung mehr, so kann die Erholung bewirken, dass später die Empfänglichkeit für diese Stromesrichtung steigt und die für die aufsteigende sinkt. Man findet sogar, dass Froschpräparate, die im Anfange das Marianinische Gesetz lieferten und später für eine Stromesrichtung durch die anhaltende Wirkung desselben unempfänglich geworden, den Fall nach der Erholung darbieten, dass sie bei dem Schlusse des aufund der Oeffnung des absteigenden Stromes zucken und diese eigenthümliche Wirkungsweise zwei bis drei Stunden beibehalten.

§. 1128. Die durch den Strom aufgezwungene Richtung der Molecüle besteht natürlich am vollständigsten, nachdem eben die Kette geöffnet worden. Man sieht daher häufig, dass der entgegengesetzt gerichtete Strom eine Schliessungszuckung, die er sonst nicht liefern würde, um so eher erzeugt, je rascher er auf die Oeffnung des früheren Stromes folgt.

§. 1129. Ging der Strom eine Zeit lang durch den Hüftnerven des Froschpräparates und schwächte die Empfänglichkeit desselben für seine Richtung, so kann man nicht selten wiederum Verkürzungen hervorrufen, wenn man ihn zu wiederholten, rasch auf einander folgenden Malen schliesst und öffnet. Gelingt der Versuch vollkommen, so erscheinen die ersten Reizungen erfolglos. Die Zusammenziehungen, die später auftreten, steigen bis zu einem gewissen grössten Werthe und nehmen in der Folge von Neuem ab, um zuletzt gänzlich auszubleiben. Man findet dabei nicht selten, dass einzelne der Schliessungs- oder der Oeffnungszuckungen, die sich in vorangehenden und in späteren Versuchen zeigen, fehlen und sich die Stimmung überhaupt in den mannichfachsten Zwischenstufen ändert, als befänden sich die hin- und hergestossenen Nervenmolecüle

in einem unregelmässigen Wirbel, dessen Wirkungen von einem Male zum anderen mit den Stellungen der Theilchen und den Interferenzen der Bewegungsantriebe wechseln.

§. 1130. Wie die starke Elektrolyse zu Muskelzittern führt (§. 1118.), so kann dieses auch umgekehrt durch den Einfluss anhaltender Ströme beseitigt werden. Man findet bisweilen an enthaupteten Fröschen, dass die enthäuteten Muskeln eines Gliedes fortwährend zittern. Diese Erscheinung rührt nicht immer von einer unmittelbaren Wirkung auf die Muskeln, sondern, wenn ich mich so ausdrücken darf, von Schwingungen der Nervenelemente des Rückenmarkes oder eines Bezirkes der peripherischen Stämme her. Man kann oft das Verkürzungsspiel durch die Trennung des Achselnerven oder des Hüftgeflechtes aufheben. Elektrische Ströme leisten bisweilen das gleiche. Kommt es hierbei vor, dass nur eine Stromesrichtung hemmend wirkt, so wird man schliessen, dass dann die Bewegung der Molecüle in dem Sinne der entgegengesetzten Stromesrichtung Statt fand. Die anhaltende Richtung der Theilchen, welche die Stromeswirkung begleitet, ist aber nicht mehr im Stande, die Unruhe der Muskeln zu beseitigen, wenn sie eine gewisse Grenze überschreitet oder von den Muskelmassen selbst ausgeht. Man kann auch bisweilen die selbstständigen Zuckungen in den Gliedmaassen der Frösche durch Erregungen unterdrücken, die zuerst Starrkrämpfe hervorrufen. Es kommt nicht selten vor, dass Muskeln, die sich früher ruhig verhielten, erst zu zittern anfangen, nachdem vorher irgend eine galvanische Erregung auf sie eingewirkt und nachdrücklichere Erfolge für den Augenblick herbeigeführt hat. Ist die Erscheinung unter dem Einflusse eines aufsteigenden Stromes entstanden, so findet man nicht selten, dass sie dieselbe Stromesrichtung verstärkt und die entgegengesetzte vermindert oder aufhebt. Es kommt vor, dass nur eine Stromesrichtung und zwar, wie es scheint, vorzugsweise die aufsteigende das Zittern erzeugt. Es hört häufig nach der Zerstörung des Rückenmarkes auf. Man kann es auch oft dadurch hervorrufen, dass man zuerst die eine Stromesrichtung längere Zeit und dann die entgegengesetzte möglichst rasch nachher ein oder mehrere Male wirken lässt. Die Muskeln zittern endlich bisweilen während der Dauer des Geschlossenseins der Kette, nicht aber nach dem Oeffnen derselben bei dem Gebrauche der einen Stromesrichtung und zeigen das Umgekehrte bei dem der entgegengesetzten.

§. 1131. Sind die Zeiten, während deren ein elektrischer Kettenstrom wirkt, sehr kurz, so hat die Dauer des Durchganges einen

wesentlichen Einfluss ausser der Reizstärke. Es wurde schon §. 139. bemerkt, dass die Muskelzusammenziehungen erst beginnen, wenn die Erregungsstärke einen gewissen endlichen Werth erreicht hat, dann nahezu proportional mit der Zunahme der Erregungsgrösse steigen und endlich ein Maximum erreichen. Liess FICK[1]) die Verkürzungshöhen des Wadenmuskels von Froschpräparaten, deren Hüftnerv er mit absteigenden Strömen während 0,003 Secunden reizte, an dem Myographion aufschreiben, so erschien der Maximalwerth plötzlich und nicht erst nach vorangegangener Annäherung. Die grösste Hubhöhe zeigt sich schon bei einer Durchflussdauer von 0,002″ und weniger, wenn man die nöthigen Stromstärken gebraucht. Hat man sie auf diese Weise erhalten, so kann man sie vergrössern oder eine übermaximale Zuckung hervorrufen, wenn man die Zeitdauer des Stromdurchganges verlängert[2]). Das Wachsen erfolgt aber absatzweise, so dass immer ein und dieselbe Zuckungshöhe einer und derselben endlichen Zeitgrösse entspricht. Nimmt man aufsteigende statt absteigender Ströme, so stösst man auf die eigenthümliche Erscheinung, dass die Zuckungshöhe bei wachsender Stromstärke, wenn diese weder zu lange noch zu kurze Zeit wirkt, zuerst wiederum kleiner, als das Maximum wird und selbst allmählig bis auf Null herabgeht und später abermals zu einer grossen Höhe steigt[3]). Geht immer die Erregungswelle von dem negativen Pole oder dem katelektrotonischen Bezirke aus (§. 240.), so hat sie den Widerstand der anelektrotonischen zu überwinden (§. 262.). FICK sucht daher jene Erscheinung davon herzuleiten, dass die anelektrotonische Gegenwirkung im Anfange weniger, hierauf mehr und endlich wiederum weniger, als die Kraft der Erregungswelle zunimmt.

§. 1132. Der elektrische Strom setzt im Allgemeinen die Nerventhätigkeit um so mehr herab, je kräftiger er eingreift, je längere Zeit er den Nerven durchfliesst und je grösser und nachgiebiger die Nervenstrecke selbst ist. Die Quantität der Leistungen pflegt daher im Laufe der Zeit abzunehmen. Man hat dann eine lähmende Stromeswirkung. Es ergibt sich aber aus dem Früheren, dass diese nicht bloss Null sein, sondern auch ihr Zeichen unter gewissen Bedingungen umkehren, der Strom also kräftigen und beleben kann. Das Absterben

---

[1]) AD. FICK, Untersuchungen über elektrische Nervenreizung. Braunschweig 1864. 4. S. 21.

[2]) FICK, Ebendas. S. 25—39.

[3]) FICK, Ebendas. S. 40—51.

der Markmasse und viele andere schädliche Eingriffe führen zu einer schwereren Beweglichkeit der Markmolecüle. Kann dieser Uebelstand durch das Rütteln des elektrischen Stromes theilweise beseitigt werden, so wird er auch die Nervenleistungen erhöhen. Da er die Molecüle in seinem Sinne zu richten sucht, so kommt es nicht selten vor, dass er für eine Stromesrichtung vortheilhaft und für eine andere nachtheilig wirkt. Die von RITTER, HEIDENHAIN, SCHIFF und mir beobachteten belebenden Wirkungen des galvanischen Stromes und ein Theil der Heilkräfte desselben bei Lähmungen erklären sich auf diese Weise. Man muss auch hier wiederum die gegebene Stimmungsrichtung des Nerven immer im Auge behalten. Die Zuckungen der gewöhnlichen nach dem Marianinischen Gesetze antwortenden Froschpräparate gewinnen im Allgemeinen durch den absteigenden Strom weniger, als durch den aufsteigenden. Leitet man aber den Strom durch die Muskelmasse, wenn sie durch das Absterben bedeutend geschwächt worden, so kann sie bei jeder beliebigen Stromesrichtung gewinnen, weil hier immer ein Theil der in ihr verlaufenden Nervenfasern in günstiger Richtung getroffen wird.

§. 1133. Die grosse Empfindlichkeit der unversehrten und der misshandelten oder der absterbenden Nerven für die Einflüsse der Elektricität macht es möglich, dass sich die Folgen der eben geschilderten Normen verrathen, wenn selbst der galvanische Kreis nur kurze Zeit geschlossen blieb, sich aber seine Wirkungen rasch nach einander wiederholten. Man erreicht dieses am einfachsten für Kettenströme, wenn man einen Stromwender, eine Wippe oder den Fig. 22. §. 363. abgebildeten Disjunctor zur Schliessung gebraucht und das Ganze so anordnet, dass der Strom die gleiche Richtung beibehält. Die Unempfänglichkeit für dieselbe Stromesrichtung tritt dann erst später, als bei ununterbrochenem Durchgange des Stromes ein, weil die wenn auch sehr kurze Zwischenzeit, die sich zwischen der Oeffnung und dem folgenden Schlusse einschaltet, zu einem gewissen Grad der Rückkehr der Molecüle, also der Erholung hinreicht. Hatte ich ein Froschpräparat, das eine schwache Oeffnungszuckung bei absteigendem Strome gab, in einem mit Wasserdampf gesättigten Raume eingeschlossen und wiederholte den Kettenschluss nach einer durchschnittlichen Zwischenzeit von 1,1 Secunden, so lieferte erst die 637ste Schliessung für kurze Zeit den Fall, dass der absteigende Strom wirkungslos blieb. Machte ich hierauf den Versuch mit dem aufsteigenden Strome, so erschien der Wirkungsmangel erst mit dem 665sten Kettenschlusse. Solche

Versuche, in denen ein fortwährendes Wechselspiel der Verschiebung der Molecüle durch den Strom und des Zurückschnellens derselben nach dem Oeffnen der Kette hergestellt wird, können im Anfange die Empfänglichkeit erhöhen und sie später herabsetzen. Die Vergrösserung der Empfindlichkeit für Ströme der gleichen Richtung lässt sich selbst im lebenden Nerven nachweisen.

§. 1134. Die Inductionsströme zeichnen sich vor den Kettenströmen dadurch aus, dass sie keinen dem Geschlossensein der Kette entsprechenden Zeitraum darbieten, sondern die Stromstärke in einer anhaltenden merklichen Veränderung, in Steigen oder Fallen begriffen ist. Ihre kurze Dauer und die steile Abgleichungscurve, vorzugsweise des Oeffnungsstromes, wie ihn die gewöhnlichen Magnetelektromotoren durch den Einfluss des Extrastromes liefern (§. 125.), bilden eine zweite Eigenthümlichkeit. Es ergibt sich hieraus, dass die Inductionsströme verhältnissmässig kräftige Zuckungserreger sind. Will man den Einfluss, den sie auf die Veränderung der Erregbarkeit ausüben, genauer kennen lernen, so muss man sich einer Vorrichtung bedienen, die nur die dem inducirenden Strome entgegengesetzt gerichteten Schliessungsschläge oder die ihm gleichgerichteten Oeffnungsströme durch den thierischen Theil leitet. Der Gebrauch des Fig. 22. §. 363. abgebildeten Disjunctors kann diese Bedingungen erfüllen. Man sieht hier wiederum in den vollständigsten Versuchen, dass sich die Empfänglichkeit für dieselbe Stromesrichtung in den Nerven des Froschpräparates und selbst in dem lebenden Nerven unter dem Einflusse der Inductionsschläge zuerst erhöht und später erniedrigt, während das Umgekehrte für den entgegengesetzten Strom Statt findet (§. 371.). Wundt nennt den seltener zu beobachtenden Fall, in welchem dieselbe Stromesrichtung die Empfänglichkeit vergrössert, die secundäre und den gewöhnlichen, in dem sie sie herabsetzt, die primäre Modification der Erregbarkeit durch elektrische Ströme.

§. 1135. Die gewöhnlichen Magnetelektromotoren liefern einen fortwährenden Wechsel eines Schliessungs- und eines Oeffnungsinductionsstromes oder einer dem inducirenden Strome entgegengesetzt und einer ihm gleichgerichteten elektrischen Strömung. Da der Schliessungsstrom einen geringeren physiologischen Einfluss, als der Oeffnungsstrom besitzt, so erzeugt dieser allein die merklichen Wirkungen bei sehr geringen Stromstärken. Sie hängen von ihm in vorherrschendem Maasse bei grösseren ab (§. 364. und §. 371.). Fände dieses nicht Statt, so würde die Behandlung mit dem Magnet

elektromotor immer nur erschöpfen und keinen Wirkungsunterschied für die beiden einander entgegengesetzten Stromesrichtungen herbeiführen, wenn nicht der Wechsel der Molecularbeschaffenheit des Nerven eine andere Art von Erwiederung für jede derselben bedingt. Das Vorherrschen des Oeffnungsstromes kann einen einseitigen Einfluss begünstigen. Hat man es durch die Helmholtz'sche Nebenschliessung verkleinert (§. 125.), so nimmt auch dieser Einfluss ab. Er tritt aber nie so nachdrücklich hervor, als wenn man nur eine und dieselbe Art von Inductionsschlägen durch den Nerven leitet. Die Leistungsfähigkeit verliert sich nicht selten, ehe sich ein merklicher Grad von Begünstigung einer einseitigen Stromesrichtung zu verrathen anfängt.

§. 1136. Es wurde schon §. 338. fgg. dargestellt, wie die rasche Wiederholung der elektrischen Schläge die Wirkung erhöht, weil eine neue Erregung hinzutritt, ehe die frühere abgelaufen ist. Entsteht auf diese Art eine anhaltende Zusammenziehung, so darf man zwei Punkte nicht übersehen. Der Starrkrampf selbst besteht oft genug aus einer Reihe sichtlicher Schwankungen, weil eine neue wachsende Verkürzung eingreift, nachdem die vorangehende schon zu sinken anfing oder nicht. Die Muskelmolecüle bewegen sich überdiess langsamer, als die Theilchen des Nervenmarkes. Diese können daher breitere auf- und niedergehende Schwankungen für dieselbe Zeitgrösse darbieten, als jene. Die Unterschiede des wahren und des scheinbaren Starrkrampfes sind schon §. 341. erläutert worden.

§. 1137. Wir haben §. 259 fgg. diejenigen Wirkungen des beständigen Stromes kennen gelernt, die PFLÜGER mit dem Namen des intra- und des extrapolaren Kat- und Anelektrotonus bezeichnete. Es wurde dabei hervorgehoben, dass diese Aenderungen der Empfänglichkeit Aufschlüsse über die feinere Beschaffenheit des Nerven liefern können. Die lebenskräftigsten geben eine Erhöhung der Empfänglichkeit zu beiden Seiten des positiven, wie des negativen Poles bei jeder der zwei Hauptrichtungen des Stromes. Minder kräftige lebende und fast alle misshandelte Nerven der Froschpräparate liefern die Reizbarkeitszunahme in der intrapolaren und in der extrapolaren Nachbarschaft des negativen Poles (Katelektrotonus) und eine Erniedrigung in der des positiven (Anelektrotonus). Misshandelte Nerven endlich können das entgegengesetzte oder noch den Fall darbieten, dass eine Herabsetzung der Leistungsfähigkeit in der Umgegend beider Pole bemerkt wird. Diese Erscheinungen

stimmen insofern mit dem Elektrotonus (§. 142.) überein, als sie sich nicht auf die von dem Strome durchflossene Nervenstrecke beschränken, sondern sich auch noch beiderseits ausserhalb derselben ausdehnen, mit der Entfernung von den Berührungsstellen der Elektroden an Stärke abnehmen und daher zuletzt unmerklich werden. Man hat aber auch diese beiden Arten von Molecularwirkungen einander gleichgestellt. Die Einzelverhältnisse unterstützen diese Auffassungsweise keineswegs.

§. 1138. Der Elektrotonus hat zwei einander entgegengesetzte Phasen, weil die von dem durchfliessenden Strome erzeugte säulenartige Polarisation die Stärke des von den elektromotorischen Eigenschaften der Molecüle abhängigen Nervenstromes an der einen Seite vergrössert und an der anderen herabsetzt (§. 142.). Die Reizbarkeit dagegen wächst nach beiden Seiten in den kräftigsten Nerven des lebenden Frosches und in sehr seltenen Ausnahmen sogar in dem Hüftnerven des Froschpräparates. Die misshandelten lebenden Nerven können eine beiderseitige Erniedrigung der Empfänglichkeit darbieten. Mag auch die Zu- oder die Abnahme derselben zu Seiten des einen Poles grösser oder kleiner als zu der des anderen in den meisten lebenden oder absterbenden Nerven ausfallen, so hat man doch den wesentlichen Unterschied, dass die Reizbarkeit gleich- oder ungleichsinnig, der Elektrotonus dagegen nur in entgegengesetzter Weise nach beiden Seiten hin wechseln kann. Steigt die Empfänglichkeit an dem einen Polbezirke und fällt sie an dem anderen, so verrathen der misshandelte lebende Nerv und der des Froschpräparates als Regel, dass die Gegend des negativen Poles oder des Katelektrotonus der der Reizbarkeitserhöhung und die des positiven Poles oder des Anelektrotonus der der Erniedrigung entspricht. Man kann aber aus Fig. 8. §. 142. ersehen, dass der Elektrotonus das Umgekehrte darbietet, dass die vergrössernde positive Phase zu Seiten des positiven Poles und die verkleinernde zu der des negativen fällt. Eine genügende Parallele von Elektrotonus und Reizempfänglichkeit ist nur in dem nur ausnahmsweise vorkommenden Falle möglich, in welchem der positive oder anelektrotonische Bezirk die Zu- und der negative oder der katelektrotonische die Abnahme der lebendigen Nerventhätigkeit zur Folge hat. Wir haben schon §. 264. gesehen, dass vielleicht die elektropositiven und die elektronegativen Abscheidungserzeugnisse der Elektrolyse eine wesentliche Rolle für die Lebenswirkungen des Nerven übernehmen. Die Thatsache, dass der Katelektrotonus und

der Anelektrotonus, der Oeffnungstetanus und die §. 1119. dargestellte Aufhebung desselben durch die Nerventrennung bei polarisirbaren, wie bei unpolarisirbaren Elektroden vorkommen, kann gegen jene Bedeutung der Zersetzungsproducte des Nervenmarkes nicht zeugen.

§. 1139. Die Reflexbewegungen des enthaupteten Frosches und des erstarrten Murmelthieres und das Schreien der Froschmännchen kann lehren, dass schwache Ströme nur bei dem Schlusse und nicht bei der Oeffnung oder während der Dauer des Geschlossenseins der Kette Schmerz erregen [1]). Hat man das Hammerwerk eines Schlittenmagnetelektromotors gesperrt, so dass nur ein einziger Schliessungs- oder Oeffnungsschlag nach einer längeren Zwischenzeit wirkt, so findet man, dass man die beiden Rollen näher zusammenschieben muss, um eine Reflexbewegung, als um eine unmittelbare Zusammenziehung hervorzurufen, dass also jene eine stärkere Erregung als diese fordert. Lässt man die Curve des Wadenmuskels des Frosches aufschreiben, so erhält man nicht selten eine langsamere oder selbst eine asymptotische Erschlaffung in dem ersteren Falle.

§. 1140. Man kann ähnliche Erfahrungen am Menschen machen. Ist der Kettenstrom schwach genug, so empfindet man nur die Schliessung, nicht aber die Oeffnung, wenn man die befeuchtete Haut oder selbst die Zungenspitze mit den Leitungsdräthen berührt. Die Zunge liefert oft noch eine während der Dauer des Geschlossenseins anhaltende Empfindung. Man hat das Gleiche an der Haut für stärkere Kettenströme. Die Wirkung gleicht der, die wir für die mit Curare vergifteten Muskeln (§. 128.) kennen gelernt haben. Diese geben eine Schliessungszuckung, bleiben während des Geschlossenseins der Kette zusammengezogen und verkürzen sich nicht stärker bei dem Oeffnen, sondern erschlaffen dann plötzlich. Der galvanische Strom wird in ähnlicher Weise bei dem Schlusse und während des Geschlossenseins empfunden. Der Eindruck hört dagegen bei dem Oeffnen plötzlich auf. Man fühlt in der Regel keinen besonderen verstärkten Oeffnungsschlag. Will man den Versuch rein anstellen, so muss man jede Möglichkeit der Verrückung der Elektroden und des hierdurch erzeugten Wechsels der Stromesabgleichung sorgfältig vermeiden. Da die Empfindungsnerven feiner als die Bewegungsfasern antworten, so können hier schon unbedeutende Schwankungen, wie sie der Blutlauf und die Athmung herbeiführen, irre leiten.

---

[1]) Siehe die Zuckungsgesetze S. 35. 37.

§. 1141. Die Schliessungsempfindung übertrifft oft an Stärke ›n Eindruck, der während der Dauer des Geschlossenseins der ette auftritt. Erzeugt der galvanische Strom lebhafte Schmerzen, ›ht er durch krankhaft empfindliche oder wunde Stellen, so verehrt sich oft noch der Schmerz eine Zeit lang, wenn der Strom ›haltend durchtritt. Die ätzende Wirkung der elektrolytischen rzeugnisse spielt hier wahrscheinlicher Weise eine wesentliche olle. Starke Ketten erzeugen die Hautempfindungen bei dem chlusse und bei der Oeffnung. des Kreises. Der Schliessungs- :hmerz ist aber bedeutend lebhafter als der Oeffnungseindruck, so ıss sich das Zuckungsgesetz des lebenden Nerven noch deutlich ›rräth. Schlagen die Schmerzen vorzugsweise in den Genken durch, so kann dieses von dem grösseren Leitungswiderande, dem der Strom hier begegnet, herrühren. Die Nerven werden ınn von dichteren Strömen durchsetzt. Die Annahme von MARIANINI ıd MATTEUCCI, dass der Schmerz vorzugsweise bei dem Schlusse ›s aufsteigenden und der Oeffnung des absteigenden Stromes einete, wenn man stärkere Ketten gebraucht, lässt sich zwar nicht Fröschen und in Säugethieren mit aller nothwendigen Sicherheit ıchweisen. Wir werden aber bald sehen, dass die Thätigkeit ›s Sehnerven für dieselbe spricht.

§. 1142. Hat man den Fig. 23. §. 428. abgebildeten elektrischen ıstcirkel so eingestellt, dass man die beiden Spitzen desselben cht mehr als zwei gesonderte Punkte mit der Zungenspitze wahrmmt, so erkennt man wiederum die zwei Berührungspunkte ge›ndert, wenn man einen elektrischen Strom durchleitet. Die Schmerznpfindung spielt hierbei eine Hauptrolle. Man kann schon in vereichenden Tastversuchen, die man mit gedeckten und mit freien ırkelspitzen anstellt, sehen, dass diese kleinere Abstände der noch ›sondert erkennbaren Puncte, als jene anzeigen. Leitete SUSLOWA ›n Strom zweier Bunsen'schen Elemente in der Richtung der Längs- :hse des Vorderarmes durch die Haut und prüfte die Empfindlich›it in der Nähe der beiden Pole mittelst eines Pinsels oder durch ältewirkungen, so soll sich eine Erniedrigung derselben an der node und eine Erhöhung an der Katode bei jeder Stärke und jeder ichtung des Stromes verrathen haben. Die räumliche Unter- :heidung sei an der Katode krankhaft gesteigert und an der Anode ›rabgesetzt. Schwache Inductionsströme, welche die Hautnerven cht reizen, liessen die durch das Streichen eines Haares erzeugte mpfindung nicht aufkommen.

§. 1143. Die grosse Empfänglichkeit der Netzhaut für die Wirkungen der elektrischen Ströme führte SULZER zu der Entdeckung des subjectiven Blitzes, den man bei der Wirkung eines galvanischen Kreises auf die Zunge wahrnimmt, lange vor Galvani's Entdeckung. Die spätere von RITTER, PURKINJE, MOST, HELMHOLTZ, AUBERT, BRUNNER, SCHELSKE [1]) und mir angestellten Beobachtungen machen es möglich, dass man hier auf die Einzelnheiten des galvanischen Stromes genauer eingehen kann, als bei den übrigen Sinneswerkzeugen.

§. 1144. Das Auge scheint im Allgemeinen für die Schliessung und die Oeffnung von Kettenströmen empfindlicher, als für die von Inductionströmen zu sein. Diese können lebhaften Schmerz erzeugen. Jene führen dagegen schon leicht bei dem Schlusse zu subjectiven Lichterscheinungen, wenn noch die Schmerzempfindung unbedeutend bleibt. Die Geschwindigkeit der Abgleichung übernimmt wiederum eine Hauptrolle in allen Fällen.

§. 1145. Geht man von den niedersten Stromstärken oder richtiger gesagt von den kleinsten Abgleichungsgeschwindigkeiten zu immer grösseren über, so findet man, dass die subjective Lichterscheinung zuerst nur bei dem Schlusse der Kette bemerkt wird, der Strom möge wie er wolle gerichtet sein. Das Zuckungsgesetz des lebenden Nerven bewährt sich also auch für die Fasern des Sehnerven. Stärkere Ströme liefern auch einen Oeffnungsblitz. Derselbe Strom, der nur ein Schliessungslicht erzeugte, wenn man zwei Metalle, wie Zink und Silber, in den Mund nahm und sie hierauf zur wechselseitigen Berührung brachte, führt ausserdem noch zu einer Oeffnungswirkung, sowie man immer eines der Metalle gegen je ein Augenlid des geschlossenen Auges stemmt, weil dann Ströme von grösserer Dichtigkeit die Netzhaut durchfliessen. Verstärkt man die elektrische Reizung, so zeigen sich auch die subjectiven Gesichtserscheinungen während der Dauer des Geschlossenseins der Kette. Sie sind jedoch meist schwächer, als im Augenblicke des Schlusses. Es versteht sich von selbst, dass man genauere Untersuchungen nur im Finstern bei geschlossenen Augenlidern anstellen darf. Da das ausgeruhte

[1]) Siehe PURKINJE, Beobachtungen und Versuche zur Physiologie der Sinne. Bd. I. Prag. 1819. 8. S. 50. und Bd. II. Berlin 1825. 8. HELMHOLTZ, physiologische Optik. S. 203—207. J. B. BRUNNER. Ein Beitrag zur elektrischen Reizung des Nervus opticus. Leipzig. 1863. 8. H. AUBERT, Physiologie der Netzhaut. Breslau 1864. 8. R. SCHELSKE, Centralblatt der medicinischen Wissenschaften. 1864. 8. S. 263—65.

Auge am empfindlichsten ist, so liefern die Morgenstunden unmittelbar nach dem Aufstehen die günstigsten Bedingungen, um die feineren Verhältnisse dieser Lichterscheinungen zu verfolgen.

§. 1146. Der hohe Empfindlichkeitsgrad der Netzhaut bedingt es, dass Stromstärken, die immer nur Schliessungszuckungen des Frosches erzeugen, auf das Auge des Menschen je nach Verschiedenheit der Stromesrichtungen ungleich wirken. Die Lichterscheinung fällt dann nach PFAFF und HELMHOLTZ bei dem Schlusse des aufsteigenden und der Oeffnung des absteigenden Stromes lebhafter aus. Man hätte also hier dieselbe Norm für die Netzhaut, wie sie MARIANINI und MATTEUCCI für die Empfindungsnerven angenommen haben (§. 1141.). Der aufsteigende Strom soll die Erkennbarkeit lichtschwacher Gegenstände herabsetzen, weil er die Netzhaut für das subjective Licht empfänglicher macht und der absteigende dieselbe seiner entgegengesetzten Wirkung wegen erhöhen. Jener hellt auch das dunkele Gesichtsfeld mit weisslich violettem Lichte bei dem Gebrauche schwacher Ströme auf, so dass nach HELMHOLTZ nur die Eintrittsstelle des Sehnerven als schwarze Kreisscheibe erscheint. Der absteigende Strom dagegen verdunkelt nach ihm das früher subjectiv erhellte Gesichtsfeld mit röthlichem Lichte, während die ganze Eintrittsstelle des Sehnerven oder nur die der Mitte des Gesichtsfeldes zugewandte Hälfte als helle blaue Kreisscheibe gesehen wird. Da die elektrischen Ströme die Blendungsnerven und die Regenbogenhaut durchfliessen, so verkleinert sich oft die Pupille bei beiden Stromesrichtungen. Der Anpassungszustand des Auges kann sich, so weit er von dem Spanner der Aderhaut oder anderen Muskelmassen abhängt, ebenfalls ändern. Die Angabe von RITTER, dass man die Gegenstände bei aufsteigendem Strome kleiner und bei absteigendem grösser sehe, liesse sich aus einer Einrichtung des Auges für die Ferne in dem ersteren und einer solchen für die Nähe in dem letzteren Falle erklären. Diese Wirkungsweise würde der Annahme entsprechen, dass diese Anpassungsweise von Muskelkräften, jene dagegen von den elastischen Zuständen der Theile herrühre. Die Thatsache selbst ist aber noch nicht mit Sicherheit festgestellt.

§. 1147. Stärkere, aber verhältnissmässig nicht allzukräftige Stromeswirkungen lehren deutlicher als schwächere, dass die Farbe des subjectiven Gesichtsfeldes mit der Stromesrichtung wechselt und in die Ergänzungsfarbe bei dem Oeffnen der Kette umschlägt. Die Erfahrungen von RITTER, PURKINJE und BRUNNER stimmen

darin überein, dass der aufsteigende Strom im wesentlichen Blaugrün oder Blau, der absteigende dagegen Gelbroth oder Gelb erzeugt. Betrachtete SCHELSKE ruhende farbige Flächen oder einen sich drehenden Farbenkreisel während er einen aufsteigenden Strom durch sein Auge leitete, so mischte sich Blau zu dem objectiven Eindrucke. Ein absteigender Strom erzeugte eine Beimengung von Gelb. Der Sättigungsgrad der Farben nimmt in allen diesen Versuchen mit der Stromstärke bis zu einem Maximum zu. Er erscheint oft im Augenblicke des Schlusses grösser, als während der Dauer des Geschlossenseins. Die Begünstigung der Wirkung des aufsteigenden Stromes verräth sich durch ein subjectives Licht von grösserer und der minder vortheilhafte Einfluss des absteigenden Stromes durch ein solches von kleinerer Schwingungszahl. Greifen zu starke Ströme ein, so ändern sich die Farben rasch und in unregelmässiger Weise. Man hat daher dann gewissermaassen das Seitenstück der wechselnden Schmerzensempfindungen bei dem Durchflusse starker Ströme durch die Tastnerven oder der krampfhaften Zuckungen bei kräftiger Elektrolyse der Bewegungsnerven. Die allzu nachdrückliche oder die zu oft wiederholte Reizung der Netzhaut durch elektrische Ströme kann eine Ueberempfindlichkeit oder eine Lähmung der Gesichtsthätigkeit eben so gut zurücklassen, als die Anstrengung durch zu lichtstarke Bilder oder die anhaltende Erzeugung lebhafter Nachbilder.

§. 1148. Der Hörnerv ist nicht so empfindlich für elektrische Ströme, als die Netzhaut. Viele Menschen vernehmen nichts, wenn auch die Elektroden ziemlich starker Ströme an beide äussere Ohren gelegt oder in die äusseren Gehörgänge mit oder ohne befeuchtete Pfröpfe eingeführt werden [1]). Erhält man eine subjective Empfindung, so zeigt sich wiederum, dass die Inductionsströme schwächer, als die galvanischen Ketten wirken. RITTER [2]) hat eine Scale der verschiedenen Erfolge, die nach Maassgabe der beiden Stromesrichtungen auftreten sollten, für die Gehörs-, die Geruchs- und die Geschmackswerkzeuge angegeben. Der Schall, den man vernimmt, wäre hiernach in jedem Falle im Augenblicke des Schlusses stärker als in dem der Oeffnung. Man hätte also wiederum den Ausdruck des Zuckungsgesetzes des lebenden Nerven. Der aufsteigende Strom

---

[1]) Siehe z. B. R. WAGNER, Lehrbuch der speciellen Physiologie. Dritte Auflage. Leipzig 1845. 8. S. 373.

[2]) Siehe DU BOIS, Untersuchungen. Bd. I. S. 342—344.

erzeuge aber einen tieferen Ton während des Geschlossenseins und einen höheren nach der Oeffnung als der absteigende. KATOLINSKY, der 89 Taubstumme und 7 Normalhörige untersuchte, gibt an, dass der beständige Strom Töne und Metallklingen, der Inductionsstrom dagegen nur unbestimmte Geräusche hören lässt. Die subjectiven Empfindungen sollen bei gesunden Gehörwerkzeugen nie mangeln und mit grösserem Nachdrucke bei aufsteigendem als bei absteigendem Strome vernommen werden. Sie fanden sich dagegen nur in drei von den untersuchten 89 Taubstummen. Die Ansicht von KATOLINSKY, dass alle nervösen Taubheiten, welche diese Wirkungsweise liefern, durch die Anwendung der Elektricität sicher geheilt werden, bedarf der Bestätigung durch künftige Erfahrungen.

§. 1149. RITTER gab zwar an, dass der Schluss des aufsteigenden Stromes einen saueren und der des absteigenden einen ammoniakalischen Geruch erzeuge. Es ist aber späteren Beobachtern nicht gelungen, subjective Riechempfindungen überhaupt durch elektrische Ströme hervorzurufen. Bringt man die Elektroden in die Mundhöhle, so finden sich Geschmackseindrücke binnen kurzem ein. Der Schluss des aufsteigenden Stromes sollte nach RITTER einen stark saueren und der des absteigenden einen bitteralkalischen Geschmack erzeugen. Die Erzeugnisse der Elektrolyse können natürliche Geschmackswirkungen objectiver und nicht subjectiver Natur hervorrufen. Sie sind im Stande, mannichfache Geschmackseindrücke zu liefern, je nachdem die saueren oder alkalischen Zersetzungskörper verschiedene Punkte der Zungenoberfläche ausschliesslich oder vorherrschend berühren. ROSENTHAL leitete den Strom von einem bis vier Daniell'schen Elementen durch Zinkelektroden in zwei Gefässe, die eine Lösung von schwefelsauerem Zinkoxyd enthielten, damit hier die Polarisation vermieden würde. Eines von diesen verband sich durch eine mit Flüssigkeit gefüllte Röhre mit einer Kochsalzlösung, in die der Beobachter seine Hand tauchte und das andere in ähnlicher Weise mit destillirtem Wasser, aus dem ein Filtrirpapierbausch hervorragte. Berührte ihn ROSENTHAL mit seiner Zungenspitze, so zeigte sich ein saurer Geschmack, wenn der Strom hier eintrat oder aufsteigend verlief und ein schwächerer alkalischer, sowie er an dieser Stelle austrat. Lakmuspapier dagegen erlitt keine Veränderung. Dieser Versuch beweist zwar, dass das Reagenspapier weniger empfindlich als die Nerven wirkte, nicht aber, dass alle Spur elektrolytischen Einflusses beseitigt war.

§. 1150. Bedenkt man, dass die elektronegativen Säuren an dem positiven und die elektropositiven Alkalien an dem negativen Pole ausgeschieden werden und die elektrischen Ströme immer nur den Eindruck des Saueren oder des Alkalischen, nie aber den des Gesalzenen oder die reinen Geschmacksempfindungen des Süssen oder des Bitteren erzeugen, so wird man nicht alle Zweifel aufgeben, dass das, was man bis jetzt als subjective Thätigkeit der Geschmacksnerven bezeichnet hat, aus einer objectiven Wirkung der elektrolytischen Erzeugnisse hervorgegangen ist. Ein anderer Umstand unterstützt diese Auffassungsweise. Da nicht der absolute Werth der Stromstärke, sondern die auf die Zeit bezogene Grösse derselben die entsprechende Nervenleistung vorzugsweise bestimmt, so kann man sich in den Kreis einer starken Batterie ohne alle Empfindungswirkung einschleichen, wenn auch die plötzliche Schliessung den heftigsten Schlag ertheilen würde. Dieses gelingt an der Zunge nicht. Der Eindruck des Saueren oder des Alkalischen wird in allen Fällen wahrgenommen. Er verstärkt sich oft genug, während die Kette geschlossen bleibt.

§. 1151. Es lässt sich erwarten, dass der Hörnerv, der Geruchs- und der Geschmacksnerv wie der Sehnerv subjectiv wirken, wenn ein passender elektrischer Strom eine hinreichend starke und rasche Unruhe ihrer Theilchen anregt. Bleiben aber die Empfindungen schwach, so werden sie durch andere Eindrücke, vorzugsweise auch die lebhaften Schmerzensgefühle, die der Strom erzeugt, und die Wirkung der elektrolytischen Erzeugnisse auf die Zunge gleichsam übertäubt und für die bewusste Auffassung verdrängt. Wir haben §. 1147. gesehen, dass ein aufsteigender Strom, der den Sehnerven trifft, ein subjectives Sehen von Blau, also von kürzeren Wellen oder von häufigeren Schwingungen und der absteigende ein solches von Roth oder Gelb erzeugt. Jener müsste demgemäss den Eindruck eines höheren und dieser die Empfindung eines tieferen Tones hervorrufen. Weder die Angaben von Ritter, noch die von Katolinsky (§. 1148.) stimmen hiermit überein. Wäre der sauere Geschmack, den der aufsteigende Strom bedingt, ein wahrhaft subjectiver, so würde die Analogie mit dem Sehnerven zu der Vermuthung führen, dass er einer rascher wiederholten Erregung entspricht, als der alkalische. Man sieht aber, dass dieses ganze Gebiet einen viel zu unsicheren Boden darbietet, als dass man bestimmte Schlüsse überhaupt gewinnen könnte.

§. 1152. Es wurde schon §. 174. bemerkt, dass der Elektrotonus die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Nervenerregung nach den Untersuchungen von BEZOLD verkleinert. Die Hemmung der Leitung durch den beständigen Strom setzt sie natürlich auf Null herab. Wie sich der Elektrotonus nach beiden Seiten hin ausserhalb der unmittelbar durchflossenen Strecke ausdehnt und mit der Entfernung von den Berührungspunkten der Leitungsdräthe schwächer wird, so wiederholt sich das Gleiche für die Verlangsamung der Mittheilung der Erregung. Der Verlust an Geschwindigkeit kann aber mit der Dauer des Stromesdurchganges wachsen. Da BEZOLD die vergrösserte Langsamkeit in dem katodischen extrapolaren Bezirke eben so gut als in dem anodischen, selbst in den gewöhnlichen Froschpräparaten bemerkte, so hat man hier weder eine vollkommene Uebereinstimmung mit den Aenderungen des Nervenstromes durch den Elektrotonus, noch mit dem Unterschiede der beiderseitigen Empfänglichkeitsgrössen der Lebensleistungen (§. 1138.). Jener Forscher fand noch, dass die Fortpflanzungsgeschwindigkeit innerhalb des intrapolaren Nervenbezirkes in der unmittelbaren Nachbarschaft der Poldräthe am meisten und von da nach der Mitte hin immer weniger abnimmt. Dieses stimmt nicht mit der Empfänglichkeit für die Verkürzungserscheinungen, wahrscheinlich aber mit dem Elektrotonus. Die Aenderung der Geschwindigkeit, mit der die Unruhe von Molecül zu Molecül im Nerven weiter geht, hängt nicht bloss von der Stärke und der Wirkungsdauer des Stromes, sondern auch von der ursprünglichen Beschaffenheit des Markes ab. Sie fällt z. B. nach BEZOLD in kalten Nerven verhältnissmässig grösser als in warmen aus. Hat sie der Einfluss eines beständigen Stromes verlangsamt, so schwindet die Verzögerung nicht sogleich mit der Oeffnung der Kette, sondern hört erst allmählig nach derselben auf. Leitet man den Strom durch die Muskelmasse, so kann die Geschwindigkeit der Erregung bis auf Null innerhalb des durchflossenen Bezirkes sinken. Die extrapolaren Stellen verrathen nach BEZOLD keine Veränderung.

§. 1153. Der Elektrotonus erhält die Marktheilchen in einer durch die Richtkraft des Stromes (§. 237.) erzeugten Spannung (§. 144.). Er verkleinert zugleich die Schnelligkeit, mit der die Unruhe der Molecüle fortschreitet (§. 1152.). Andere Ursachen, wie die Kälte, das Absterben, die Aetherisation können die gleiche Aenderung herbeiführen. Ein munterer grosser Frosch, an dem alle Theile des Unterschenkels bis auf die Achillessehne durchschnitten

worden, gab 25,2 Meter als Secundengeschwindigkeit der Nervenerregung, wenn ich das unversehrte Hüftgeflecht und den Hüftnerven mit starken Inductionsschlägen behandelte. Hatte ich ihn dann tief ätherisirt, so lieferte er nur 9,4 Meter unter den gleichen Nebenbedingungen. Sterben die Thiere durch zu lange Fortsetzung der Versuche oder leidet der blossgelegte Wadenmuskel im Laufe der Zeit, so erhält man ebenfalls grössere gegenseitige Entfernungen der Curvenanfänge (§. 172.).

§. 1154. Wir haben §. 247. fgg. gesehen, dass die Molecularveränderung des Markes, welche die galvanometrischen Wirkungen bedingt, mit der, welche die Lebensthätigkeiten erzeugt, nicht immer zusammenfällt. Es liegt daher die Vermuthung nahe, dass die Fortpflanzungsgeschwindigkeit dieser beiden Arten von Unruhe nicht in allen Fällen übereinstimmen. Das §. 172. erläuterte Untersuchungsverfahren bezieht sich nur auf diejenige Bewegung der Theilchen, die zuletzt als Muskelzusammenziehung oder als Empfindung durchschlägt. Man darf aber diese den Lebenserscheinungen angehörende Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Nervenerregung der elektrischen der Nerven oder derjenigen Schnelligkeit nicht gleichstellen, mit der sich der elektrische Zustand ausserhalb des intrapolaren Bezirkes verbreitet. Bemerkt man den Elektrotonus in den für die stärksten Schläge des Magnetelektromotors unempfänglichen Nerven eines mit Curare vergifteten Frosches (§. 246.), so folgt, dass die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Nervenerregung Null sein kann, wenn noch die elektrische einen positiven und möglicher Weise selbst einen grösseren Werth als gewöhnlich hat, vorausgesetzt, dass die Wirkungslosigkeit nicht von dem Mangel der Uebersetzung der Nervenerregung in Muskelverkürzung herrührt. Ein elektrotonischer Bezirk, in dem sich die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Nervenerregung verkleinert hat, kann kräftigere Zusammenziehungen als gewöhnlich erzeugen (§. 1152.). Wurde dagegen die Mittheilung der Unruhe unter dem Einflusse der Kälte verlangsamt, so pflegen sich die Hubhöhen zu verkleinern. Die Geschwindigkeitsabnahme kann also mit einer Erhöhung oder einer Erniedrigung der Lebenswirkungen verbunden sein.

§. 1155. Nicht bloss die schon §. 175. hervorgehobenen sich immer wiederholenden Uebelstände, sondern auch noch manche andere hin und wieder auftretende Erscheinungen machen die Vergleichung der einzelnen für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Nervenerregung gefundenen Werthe unsicher. Die Ermittelung dieser

Grösse setzt voraus, dass die Uebersetzung der Nervenerregung in Zusammenziehung in dem ersten mit der entfernteren Nervenstelle gemachten Versuche eben so viel Zeit als in dem zweiten mit der näheren angestellten in Anspruch nimmt. Da sie wahrscheinlich bei stärkerer Erregung rascher zu Stande kommt, so wird man eine nur annähernde Gleichheit selbst in dem günstigsten Falle haben. Die Anfangstheile der beiden Muskelcurven und selbst nicht selten eine beträchtliche Strecke der abfallenden Stücke der zwei Abschnitte gehen oft, wie es scheint, ganz parallel, als sei nur dieselbe Curve um eine gewisse Strecke der Zeitabscisse verschoben worden. Bieten dagegen die beiden Curven verschiedene Gestalten schon im Anfange dar, so ist der Verdacht begründet, dass der auf der Abscisse gemessene Unterschied der Anfangspunkte nicht ausschliesslich von der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Nervenerregung, sondern auch von der Aenderung der zur Uebersetzung derselben nöthigen Zeitdauer herrührt. Man sieht dieses oft, wenn das Thier viel Blut verloren hat und abstirbt, der entblösste Wadenmuskel von zahlreicheren blutgefüllten Gefässen durchzogen erscheint oder sehr schwache elektrische Erregungen einwirken. Gelungenere Versuche scheinen dessenungeachtet nachzuweisen, dass die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Nervenerregung bei kräftigeren elektrischen Reizungen grösser als bei schwächeren ausfällt. Starke Inductionsschläge führen nicht selten in lebenden Fröschen von mittlerer Grösse zu dem Secundenwerthe von 24 bis 25 Meter. Schiebt man aber die inducirende und die Inductionsrolle auseinander oder nimmt man nicht allzukräftige Kettenströme, so erhält man kleinere Werthe. Sie fallen auch im Allgemeinen bei der Benutzung von Ketten geringer aus als bei der von Inductionsspiralen, weil diese schnellere Abgleichungen liefern. Die Zahlen können selbst bis auf $^1/_5$ der früheren Grössen herabgehen, wenn man die Abgleichungsgeschwindigkeit des geschwächten Stromes so sehr verkleinert, dass man sich an der Grenze der Wirksamkeit befindet. Man darf nach dieser Erfahrung auch erwarten, dass sich kleinere Abscissenunterschiede einfinden werden, wenn man längere Nervenstücke zur Reizung benutzt. Rechnet man noch hinzu, dass nicht bloss die äusseren Bedingungen, sondern auch die augenblickliche Beschaffenheit des Markes von wesentlicher Bedeutung sind, so ergibt sich, dass die Angabe einer bestimmten Grösse der Fortpflanzungsgeschwindigkeit erst dann einen Werth hat, wenn man alle Nebenbedingungen kennt, unter denen sie gewonnen worden.

§. 1156. Die Vermuthung, dass eine kräftigere Reizung eine kürzere Zeit für die Uebersetzung in Muskelzusammenziehung fordert, lässt sich aus Vergleichsversuchen herleiten. Die Dauer der verborgenen Reizung (§. 172.) hängt von drei Bedingungsgliedern ab, von der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Nervenerregung, der zu der Uebersetzung in Muskelverkürzung nöthigen Zeit und derjenigen Zeitgrösse, während welcher die Zusammenziehung von Null bis zu ihrem ersten merklichen Werthe ansteigt. Die letztere macht sich natürlich nur wegen der Unvollkommenheit unserer Sinne geltend. Man kann daher nichts im Allgemeinen über sie aussagen und glaubt sich berechtigt, sie als gleich für alle Versuche derselben Reihe annehmen zu können. Bliebe die für die Uebersetzung der Nervenerregung in Zusammenziehung nöthige Zeit in allen Fällen dieselbe, so müsste der Unterschied der einzelnen Werthe der latenten Erregung von dem der Fortpflanzungsgeschwindigkeiten allein abhängen. Es ist aber im Ganzen unwahrscheinlich, dass eine sehr schwache elektrische Reizung, die incongruente und verhältnissmässig weit verschobene Muskelcurven liefert, dieselbe Uebersetzungsgrösse als eine starke mit congruenten und wenig verschobenen Linien liefern wird. Hält man sich an die §. 104. angegebene Auffassung, so würde der Uebersetzungswerth von zwei Bedingungsgliedern abhängen, von denen sich jeder bis zu einem gewissen Grade selbstständig ändern kann, der Uebersetzung der Nervenerregung in die Zusammenziehung der benachbarten Muskelschicht und der Fortpflanzung des Verkürzungszustandes von einem unendlich dünnen Muskelquerschnitt zum andern.

§. 1157. Ist die Ansicht begründet, dass der negative Pol eine stärkere Erregungswirkung als der positive ausübt (§. 658.), so darf man erwarten, dass der absteigende Strom eine kürzere Dauer der latenten Reizung als der aufsteigende unter sonst gleichen Verhältnissen haben wird, weil die Nervenbahn um die intrapolare Strecke in dem letzteren Falle verlängert ist. Die Schwierigkeit, alle Nebenbedingungen in zwei Versuchen vollkommen gleich zu machen, setzt unüberwindliche Hindernisse dem sicheren Entscheid dieser Frage entgegen. Die scheinbar gelungensten Versuche, die ich in dieser Hinsicht an lebenden Fröschen anstellte, gaben mir allerdings eine kürzere Dauer der verborgenen Reizung für den ab- als für den aufsteigenden Strom.

§. 1158. Hat man den Unterschenkel bis auf die Achillessehne durchschnitten, so erhält man in der Regel nur Curven, die zuerst

stetig steigen und eben so später fortwährend fallen. Wird aber der Frosch während der kurzen Zeit der Drehung des berussten Cylinders unruhig, so zeichnet er bisweilen eine Curve auf, deren steigender Theil zuerst gegen die Abscisse concav und hierauf convex ist. Die Zusammenziehung steigt also zuerst mit ab- und später mit zunehmender Geschwindigkeit (§. 321.). Der Wille kann unregelmässiger als der elektrische Strom arbeiten, selbst wenn die Thätigkeit beider nur kurze Zeit dauert. Man hat in jenen Versuchen einen augenblicklichen elektrischen Schlag (§. 126.), der einförmig wirkt, und einen etwas länger anhaltenden Willenseinfluss, der sich in kleinen Bruchtheilen einer Secunde verschieden abstuft.

§. 1159. Die mannichfachen Aenderungen der Wirkungsweise der elektrischen Ströme, die man durch die Misshandlung des Nerven der Thiere künstlich herbeiführen kann, kommen wahrscheinlich in den verschiedenen Nervenkrankheiten des Menschen ebenfalls vor. Wie aber der Physiolog viele feinere Unterschiede nicht bemerken würde, wenn er die Ströme durch die Haut des unversehrten Thieres leitete und die Muskelzuckungen nicht aufschreiben liesse, so wiederholt sich das Gleiche für die ärztliche Erkenntniss. Man sollte daher, wo es irgend geht, frisch amalgamirte Nadeln in die Gegend des kranken Nerven des wachen oder des ätherisirten Menschen einstechen und die bei Gelegenheit der Ausmessung der Nerventhätigkeit angegebenen Prüfungsmittel (§. 384. fgg.) zu Hilfe ziehen, um die Erkenntniss und daher auch die Heilung des Leidens auf möglichst sicherer Grundlage aufzubauen.

§. 1160. Die Wechselströme, welche die Elektromotoren liefern, haben schwächere elektrolytische Wirkungen, weil jeder von ihnen nur kurze Zeit dauert. Ihre fortwährend abwechselnde Richtung lässt keine irgend starken einseitigen Polarisationserscheinungen auftreten. Die Masse der Nerven und der Muskeln zerlegt sich aber so leicht, dass die Thätigkeit des Magnetelektromotors eine merkliche Zersetzung in kurzer Zeit trotz jener der Elektrolyse ungünstigen Bedingungen herbeiführt. Die Untersuchung der Einwirkung der Muskelmasse auf die umgebende Atmosphäre liefert die deutlichsten Belege dieser Wirkungsweise. Wir haben schon §. 364. gesehen, dass die Wechselströme nicht bloss die Nerven und die Muskeln anregen, sondern auch deren Thätigkeit weniger schwächen als wenn die Stromesrichtung unverändert bliebe.

§. 1161. Die beständigen Ströme greifen in anderer Weise ein. Sie erzeugen keine fortwährend .von Null bis einer bestimmten

Grösse steigende oder von dieser auf jene hinabfallende Abgleichungen und mithin unmittelbar keine so kräftigen und raschen Erregungen der Muskel- und der Nerventhätigkeit. Sie zerlegen dafür die Gewebe, die sie durchsetzen, nachdrücklicher und ändern wahrscheinlich nicht bloss die Grösse der endosmotischen Aequivalente, sondern auch bisweilen die Richtung der Diffusion. Da das Aequivalent mit der Beschaffenheit der in Betracht kommenden Flüssigkeiten, der Concentration der Lösungen und dem Wärmegrade wechselt, sich aber alle diese Bedingungsglieder mit der Einwirkung des beständigen Stromes ändern, so folgt, dass dieser den Ernährungserscheinungen eine ganz andere Richtung zu geben vermag, wenn er mit hinreichender Kraftgrösse durchgreift. Dazu kommt noch, dass die elektrolytische Zersetzung die Beschaffenheit der Nerven und der in den Wänden der Blutgefässe und der Saugadern enthaltenen Verkürzungsgewebe umgestalten, andere Bedingungen des Blutlaufes auf diese Weise herstellen und überdiess noch die Zusammensetzung des Blutes und der Lymphe ändern kann. Die Erwärmung der Gewebe endlich wird die Widerstände, so weit sie von dem Flüssigkeitsgrade des Blutes oder der Lymphe und der Reibung abhängen, herabsetzen und den Durchgang der Körpersäfte durch feine Röhren oder Spalten verhältnissmässig am meisten beschleunigen. Es kann daher nicht befremden, dass kräftige beständige Ströme [1]) die Aufsaugung von Ausschwitzungen begünstigen, Unregelmässigkeiten des Blutlaufes beseitigen, Ernährungsstörungen der Nerven und der Muskeln entfernen, Lähmungen heben und Krämpfe beruhigen können, wenn die Wechselströme eine geringere Wirkung ausüben oder vollkommen erfolglos bleiben.

§. 1162. Der Gebrauch der Magnetelektromotoren und der des beständigen Stromes wird aber nicht für alle Fälle, mit denen sich der Elektrotherapeut zu beschäftigen hat, genügen. Es gibt wahrscheinlich Nervenleiden, die sich nur dann bessern, wenn die elektrischen Schläge immer in einer und derselben Richtung durchgeleitet werden. Man wird daher auch Disjunctoren nach Art des Fig. 22. §. 363. abgebildeten oder andere ähnliche Unterbrechungsvorrichtungen gebrauchen müssen, um nur aufsteigende oder nur absteigende Ströme in rascher Aufeinanderfolge durch den Nerven zu leiten. Man darf

---

[1]) Remak, Galvanotherapie. S. 268. fgg., und O. H. R. Hollmann, De nervorum in nutritionem efficacitate a physiologica et pathologico-therapeutica parte spectata. Berolini 1863. 8. p. 15—29.

erwarten, dass bloss solche und nicht die gewöhnlichen Wechselströme der Magnetelektromotoren einzelne Arten von Krämpfen beruhigen, manche Hyperästhesieen mildern und gewisse Lähmungsformen heilen können. Die gemeinschaftliche Grundbedingung aller hierher gehörenden Fälle wird darin bestehen, dass das Leiden aus einer krankhaften Veränderung der Markmolecüle in dem Sinne einer Stromesrichtung (§. 256.) hervorgeht. Die entgegengesetzte wird dann den Zustand verbessern.

4. Chemische Eingriffe.

§. 1163. Körper, deren Berührung die Molecularbeschaffenheit des Markes ändert, können unter günstigen Bedingungen die Beweglichkeit der Theilchen und mit ihr die Empfänglichkeitsgrösse für äussere Erregungen zuerst erhöhen und dann erniedrigen. Verräth sich nur die lähmende Wirkung, so sind zwei Fälle möglich. Der heftige Eingriff zerstört zu rasch, als dass die zur Erkenntniss der allmähligen Wirkungsänderung nöthige Zeit übrig bliebe oder der Zustand wechselt allzu langsam, die Erhöhung erreicht keinen merklichen Grad zu irgend einer Zeit, die Lähmung dagegen macht sich geltend, sowie die Summe der kleinen Veränderungen zu einem gewissen endlichen Werthe angeschwollen ist.

§. 1164. Man kann drei verschiedene Arten von Erfolgen haben. Es kommt vor, dass wenig verdünnte Mineralsäuren den Bewegungsnerven, den sie berühren, zu allen Leistungen unfähig machen, ohne dass eine Muskelzuckung im Augenblicke der Berührung oder zu irgend einer anderen Zeit der Markzersetzung eintritt. Taucht man den Nerven eines frischen galvanischen Froschpräparates in sogenannte concentrirte Schwefelsäure, so bleibt alles ruhig. Bringt man die Säure auf die Muskelmasse, so zieht sich diese und zwar vorzugsweise durch den kräftigen chemischen Einfluss und weniger durch eine selbstständige Lebenswirkung zusammen. Man hat hier das Gleiche, wie wenn der rasch durchschnittene Nerv die von ihm abhängigen Verkürzungsgebilde in Ruhe lässt (§. 1054). Verdünntere Säuren, Lösungen von Alkalien, von ätzenden Salzen oder anderen zur Markgerinnung führenden Körpern, wie Weingeist oder Glycerin, erzeugen häufig eine Zusammenziehung, die den Ausdruck der Erregung bildet, im ersten Augenblicke und lassen dann die Leistungsunfähigkeit unmittelbar nachfolgen. Man hat mit Unrecht behauptet, dass sich der dem Einflusse des Blutlaufes entzogene Nerv eines Froschpräparates nicht mehr erholen kann, wenn

einmal die Verkürzung im ersten Augenblicke der Wirkung eingetreten ist. Sie bildet nur den Ausdruck der plötzlichen Moleculaverrückung und kein Zeichen der unverbesserlichen Abtödtung. Nicht bloss die Grösse, sondern auch die Geschwindigkeit der durch den Eingriff erzeugten Veränderung bestimmen es, ob sie erscheint oder nicht. Eine nicht allzu starke chemische Erregung kann eine Zuckung bei der ersten Berührung hervorrufen und die Empfänglichkeit für eine gewisse Zeit vernichten, eine spätere vollständige Erholung dagegen selbst in dem Froschpräparate gestatten. Der Einfluss des Blutlaufes erleichtert die Rückkehr der Lebensleistungen in dem lebenden Nerven. Die dritte mögliche Wirkungsform endlich besteht darin, dass sich die Empfänglichkeit nach und nach verliert, ohne dass Zusammenziehungen als Nebenwirkungen auftreten. Das Absterben des Nerven nach dem Tode liefert den einfachsten Fall der Art. Die Reizbarkeit geht hier allmählig zu Grunde. Man findet zuletzt die gesammte Markmasse geronnen. Eine hierdurch bedingte Muskelverkürzung hat sich aber zu keiner Zeit verrathen, weil sich die Beschaffenheit des Markes allzu langsam ändert. Da der Nerv in peripherischer Richtung abstirbt und sein Stamm die negative Schwankung des richtigen Nervenstromes und beide Phasen des Elektrotonus zeigen kann, wenn er von den von ihm abhängigen todtenstarren Muskeln allseitig umschlossen wird, so folgt, dass die Molecularveränderung, welche die Leichenstarre erzeugt, von keinem durch das Absterben der Nerven bedingten Einflusse, sondern von einem selbstständigen Beschaffenheitswechsel der Muskelmasse herrührt.

§. 1165. Eine reizende Flüssigkeit kann den Nerven allmählig durchdringen. Sie trifft daher die oberflächlichen Primitivfasern früher als die tieferen und ändert nach und nach immer andere Stellen derselben Fasern. Man erhält dann eine Reihe von Zuckungen und bei hinreichender Schnelligkeit der Wirkungen starrkrampfähnliche Zusammenziehungen mit einzelnen auf- und niedergehenden Gesammtverkürzungen oder einem anhaltenden Zittern der verschiedenen Muskelbündel. Es kommt dabei in Froschpräparaten vor, dass die Fussmuskeln früher als der Wadenmuskel zu zittern anfangen. Hat einmal ein chemischer Eingriff den Bezirk eines lebenden Nerven zerstört, so bleiben zwei Wege der Wiederherstellung offen. Eine nicht allzu starke Veränderung des Markes kann in die für die Leistungsfähigkeit nothwendige Beschaffenheit allmählig übergehen. Tiefere Zerstörungen dagegen fordern die Entfernung des entmischten

Bezirkes auf dem Wege der Eiterung oder der Kunsthilfe und die Wiederherstellung der Lücke durch Wiedererzeugung, wenn die Lähmung und deren Folgen aufhören sollen.

§. 1166. Die der Unthätigkeit vorangehende Zunahme der Empfänglichkeit nach örtlichen, mechanischen, thermischen oder elektrischen Misshandlungen des Nerven und die allmählige Verbreitung der grösseren Erregbarkeit von der Eingriffsstelle zu anderen Nervenbezirken deuten an, dass solche Störungen nicht bloss die gegenseitige Entfernung der Markmolecüle, sondern auch die auf die chemische Zusammensetzung bezogene Gruppirung der Theilchen ändern, dass man also jede Art von Reizung als eine chemische im weitesten Sinne des Wortes ansehen kann. Dasselbe wiederholt sich für die durch den Blutlauf erzeugten Schwankungen der Ernährungszustände der Nervengewebe. Das Athemspiel bildet auf diese Art die Folge der chemischen Reizung der Athmungscentra des verlängerten Markes (§. 873.). Eine chemische Zerlegung der Massen der Ganglienkugeln, des Markes und der Muskelsubstanz begleitet jede Empfindung und jede durch Nerveneinfluss erzeugte Muskelbewegung.

§. 1167. Die Absorption von Gasen oder von Dämpfen durch die Ernährungsflüssigkeit macht diese zu einer Mischung, welche die Zusammensetzung der benachbarten Gewebe ändern kann. Die Dämpfe der Salz- oder der Salpetersäure erhöhen auf diese Art zuerst die Empfänglichkeit des Nerven eines Froschpräparates, ehe sie sie herabsetzen. Wird das Gas mit dem lebenden Blute den verschiedenen Körpertheilen zugeführt, so treten vermöge seiner Wirkung auf einzelne Abschnitte des Nervensystemes Erfolge auf, die sich bei blosser örtlicher Anwendung nicht zeigen. Ein Ueberschuss von Kohlensäure im Blute bedingt Sinnestäuschungen, Bewusstlosigkeit und Muskelkrämpfe, wenn er auf das Gehirn und das verlängerte Mark wirkt. Bringt man dagegen ein Froschpräparat in eine Atmosphäre von Kohlensäure, so verliert sich nach und nach die Empfänglichkeit des Nerven und des Muskels, ohne dass Zuckungen zu irgend einer Zwischenzeit auftreten. Das Kohlenoxyd, das sich des Sauerstoffes bemächtigt und daher eine Kohlensäurevergiftung mittelbar erzeugt, und der Kohlenwasserstoff führen zu einem ähnlichen Unterschiede.

§. 1168. Man sieht nicht selten, dass einzelne Muskeln enthaupteter Frösche während des Eintrocknens ihrer Nerven fortwährend zucken. Die Durchschneidung des Stammes an einer be-

stimmten Stelle hebt oft die Unruhe auf. Der rasche durchgreifende Wasserverlust beschränkte sich dann auf einen zwischen der Trennungsstelle und dem centralen Nervensysteme gelegenen Bezirk. Er übt wahrscheinlich eine doppelte Wirkung aus, eine chemische durch das Austrocknen selbst und eine mechanische durch das engere Zusammentreten der nicht flüchtigen Bestandtheile. Greift der Wechsel schnell genug durch, so hat man die Zuckung. Sie fehlt aber oft genug bei langsamem Eintrocknen. Die Kräfte des Nerven ändern sich dann ohne eine äussere Wirkung, weil der Uebergang aus einer Molecularstellung in die andere den für das Minimum der Wirksamkeit nöthigen Geschwindigkeitsgrad nicht besitzt. Es ereignet sich bisweilen, dass ein peripherischer eingetrockneter Abschnitt des Nerven die in der Mitte gelegenen Fasern eine Zeit lang schützt. Man findet daher, das die Reizung einzelne Muskeln noch verkürzt, wenn sie auf andere längst nicht mehr wirkt.

§. 1169. Nicht bloss Wasserdämpfe, sondern auch andere flüchtige Körper gehen wahrscheinlich bei dem Eintrocknen des Nerven davon. Da aber die blosse Wasserbefeuchtung die regelrechten Wirkungen zurückführen kann, so hängt die Möglichkeit der Lebensleistungen von den übrigen flüchtigen Bestandtheilen nicht ab.

§. 1170. Das Eintrocknen kann den elektrischen Leitungswiderstand des Nerven aus doppeltem Grunde vergrössern, vermöge der Verkleinerung des Querschnittes, wenn die Länge nicht in gleichem Verhältnisse abnimmt, und durch den Uebergang aus dem feuchteren Zustande in den eines wasserarmeren und nicht bloss an trockenem Eiweisse, sondern auch an Fetten verhältnissmässig reicheren Körpers. Findet man, dass dieselbe Abgleichungsgeschwindigkeit eines elektrischen Stromes eine kleinere Wirkung während des Eintrocknens und eine grössere nach dem Wiederanfeuchten gibt, so kann der Unterschied von dem Wechsel der Leitungswiderstände herrühren. Die schon von Harless und Birkner bemerkte Empfänglichkeitserhöhung, die sich oft genug am Anfange des Eintrocknens verräth, ist unter diesen Verhältnissen um so beweisender. Da aber die Nerven ihre Kräfte einbüssen, wenn ihr Wasserverlust bis zu einem gewissen Grade fortgeschritten ist, so folgt, dass man hier wiederum die gewöhnliche Reihenfolge der anfänglichen Erhöhung und der späteren Abnahme der Lebensleistungen hat. Die Molecüle des eintrocknenden Markes rücken wahrscheinlich einander immer näher. Das anfängliche Steigen und das spätere Sinken der Empfänglichkeit beweist daher, dass sich diese nicht immer gleichförmig mit

dem gegenseitigen Abstande der Theilchen ändert. Die Möglichkeit der Erholung tritt auch hier vor der unheilbaren Lähmung auf. Hat zwar der Nerv die Stufe der grösseren Empfänglichkeit schon überschritten, die Eintrocknung dagegen nicht zu tief eingegriffen, so steigen die noch nicht völlig vernichteten Leistungen des Nerven oder kehren, wenn sie aufgehoben waren, wieder, so wie er eine Zeit lang in einer starken Zucker- oder Kochsalzlösung gelegen hat. Reines Wasser wirkt nicht so günstig als diese Flüssigkeiten. Es kann dessenungeachtet nicht selten einen Theil seiner frühren Kräfte dem Nerven wieder verleihen. Wir haben schon §. 64. gesehen, dass die vollständig eingetrockneten Primitivfasern nicht nothwendiger Weise eine sichtlich geronnene Markmasse einschliessen. Sie erscheinen nur meist grauweisser, als die frischen Fasern.

§. 1171. Das Wasser und die übrigen Flüssigkeiten können in dreierlei Weise auf die Nerven wirken. Ihr Wärmegrad gleicht sich mit dem der Nervenmasse aus. Man hat demgemäss den Einfluss der Kälte oder der Wärme, so dass die Volumina, die Temperatur, das Leitungsvermögen und die Wärmecapacität der auf einander wirkenden Massen in Betracht kommen. Kann die Flüssigkeit endosmotisch eindringen, so wird sie die zwischen den Gewebelementen enthaltene Ernährungsflüssigkeit ändern oder verdrängen. Der unter den gegebenen Verhältnissen gültige Werth des endosmotischen Aequivalentes entscheidet daher, ob sich die gegenseitigen Entfernungen der Markmolecüle vergrössern und welchen Widerstand die neue umgebende Flüssigkeit ihren Bewegungen entgegensetzt. Der Wechsel der chemischen Atomengruppirung und die Verbindung der Atome des Markes mit denen der Flüssigkeit, mit einem Worte der durch die chemische Wahlverwandtschaft bedingte Massenumsatz bildet die dritte mögliche Art des Eingriffes.

§. 1172. Gebraucht man verschiedene Wärmegrade derselben Flüssigkeit zu den Einzelversuchen, so lässt sich der Einfluss der Temperatur ausscheiden. Man muss aber hierbei nicht bloss die Aenderungen, die der Nerv, sondern auch die, welche die Flüssigkeit durch die Kälte oder die Wärme erleidet, im Auge behalten. Ein Stück Eis, das man auf einen dicken Nerven legt, setzt die Leistungen desselben langsamer herab, als Wasser von $+ 1^{0}$ C., wenn dieses den Nerven rascher endosmotisch durchdringt. Die Mittheilung der Kälte von Faser zu Faser kann anhaltende Krämpfe in dem ersteren Falle erzeugen, wenn sie in dem letzteren ausbleiben. Bedeckt man den Nerven mit einem Stücke von Gutta-

percha und dann mit Baumwolle und tropft auf diese Aether von ungefähr 20° C., so nimmt die Nerventhätigkeit nicht zu, sondern ab, weil die rasche Verdunstung die Kälte vorzugsweise wirken lässt. Da nicht bloss kaltes, sondern auch Wasser von 10° bis 30° C. die Erregbarkeit des Froschnerven nach längerer Einwirkung herabsetzt, so folgt, dass man hier noch endosmotische oder chemische Wirkungen oder beide zugleich hat. Die concentrirte Lösung eines indifferenteren Körpers, wie des Kochsalzes und besonders des Eiweisses oder des Zuckers schadet dem Nerven weniger als reines Wasser. Dieses entzieht ihm eine gewisse Menge löslicher Stoffen durch seine Diffusionswirkungen, während die Zuckerlösung nur Wasser und jedenfalls eine geringere Menge löslicher Verbindungen aufnimmt. Man sieht hieraus, dass die endosmotischen Beziehungen einen merklichen Einfluss auf die Wirkungen des Wassers ausüben. Ein längerer Aufenthalt in sehr kaltem oder in heissem Wasser und selbst in solchem von 10° bis 20° C. lässt das Nervenmark gerinnen. Es kann also eine durchgreifendere Veränderung, die wir als eine chemische bezeichnen, hervorrufen. Manche Erfahrungen deuten aber an, dass das Wasser auch schon die Lebensleistungen durch blosse endosmotische Einflüsse und die hierdurch bedingte Aenderung der Markmolecüle aufzuheben vermag. Ein Nerv, den das reine Wasser unthätig gemacht hat, kann nach KÖLLIKER einen Theil seiner Reizbarkeit wiedergewinnen, wenn man ihn eine Zeit lang in einer Lösung von Kochsalz von 4 bis 25% oder in einer solchen von phosphorsauerem Natron von 3 bis 9% liegen lässt. Nerven, deren Wirkungen durch concentrirtere Lösungen aufgehoben werden, erholen sich bisweilen bei dem Aufenthalte in verdünnteren Lösungen oder bei dem in reinerem Wasser. Man hat hier das Gleiche, wie bei dem Eintrocknen und dem Wiederaufweichen oder den Kälte- und den Wärmewirkungen. Nur eine gewisse Breite des gegenseitigen Abstandes der Markmolecüle macht die Lebensleistungen möglich. Sie fehlen, wenn die Theilchen einander zu nahe oder wenn sie zu fern stehen. Die allmählige Aenderung des Ortes derselben kann aber zuerst die Beweglichkeit erhöhen und dann erniedrigen, ohne dass sich die elektrischen Eigenschaften in gleichem Schritte ändern.

§. 1173. Man findet oft das Nervenmark nicht sichtlich geronnen, wenn auch das Wasser alle lebendige Leistungsfähigkeit aufgehoben hat. Es kann umgekehrt, hier, wie nach anderen chemischen Eingriffen vorkommen, dass der peripherische Theil des

Markes in vielen Fasern geronnen erscheint, wenn noch der Nerv eine gewisse Empfänglichkeitsgrösse besitzt. Man muss sich jedoch hier nicht durch die schon bei der Zerfaserung auftretende Seitengerinnung täuschen lassen (§. 64.). Es war zu rasch geschlossen, wenn man aus jener Thatsache folgerte, dass der Achsencylinder den allein leitenden Theil der Nervenröhre bildet. Stämme, in denen viele Fasern peripherisch geronnen sind, liefern immer nur schwache Leistungen. Das Gesetz der wirkenden Erregungsstärke (§. 214.) und die Norm, dass die Wirkungsgrösse mit der Summe der erregten Marktheilchen, wenn auch nicht proportional zunimmt und ein breiterer Markquerschnitt mehr leistet, als ein schmalerer, machen sich hier immer geltend. Wenn eine grosse Zahl breiter Fasern in den vorderen Wurzeln der Rückenmarksnerven vorkommt und sie sich bis zu ihrer Endigung in den Muskeln nach und nach bedeutend verschmälern (§. 55.), so kann dieses den Vortheil gewähren, dass sich eine kräftiger wirkende Erregungsstärke von den Bewegungswurzeln aus auf die übrigen Theile der Bewegungsfasern überträgt und daher die schwierigere Uebersetzung in Muskelbewegung um so eher zu Stande kommt.

§. 1174. ECKHARD theilte die Körper, die das Nervenmark chemisch ändern, in zwei Hauptklassen. Die einen, die Mineralsäuren und einzelne Pflanzensäuren, wie Essigsäure oder eine gesättigte Lösung von Weinsteinsäure, die fixen Alkalien, die Haloid- und die neutralen Salze der Alkalien und der Erden, Weingeist und Zuckerlösung erregen die Zuckungen, ohne die Mitwirkung anderer Reizmittel. Wasser, Schwefelkohlenstoff, Lösungen der Metallsalze mit Ausnahme der des salpetersaueren Silberoxydes, organische Säuren, wie Gerbsäure, Terpenthinöl, Wachholderöl und Citronenöl, welche die Nerventhätigkeit ebenfalls lähmen, erzeugen dabei von selbst keine Zusammenziehungen. Es bedarf noch eines besonderen äusseren Reizes, wenn diese zum Vorschein kommen sollen. Wir haben schon früher gesehen, dass es nicht bloss von der Beschaffenheit des einwirkenden Körpers, sondern auch von der Geschwindigkeit der Veränderung abhängt, ob das absterbende Nervenstück eine Zuckung erzeugt oder nicht. Taucht man den Nerven eines Froschpräparates in sehr concentrirte Schwefelsäure, so wird das versenkte Stück sogleich unthätig, ohne dass sich die von ihm abhängigen Muskeln zusammenziehen. Wiederholt man den Versuch mit einer mässigen Wasserverdünnung der gleichen Säure, so können Zuckungen auftreten. Nimmt man endlich eine sehr verdünnte Säure, so stirbt

der Nerv allmählig ab, ohne dass eine Verkürzungswirkung zu irgend einer Zeit bemerkt wird. Diese drei Fälle wiederholen sich bei den anderen Mineralsäuren und wahrscheinlich in noch vielen anderen Körpern. Nur die zu den einzelnen Erfolgen nöthigen Dichtigkeitsgrade wechseln mit der Verschiedenheit der Massen.

§. 1175. Die Stärke der Concentration und nicht bloss die Beschaffenheit des chemisch eingreifenden Körpers bestimmt es, ob sich der misshandelte und dem Einflusse des Blutlaufes entzogene Nerv eines Froschpräparates erholen kann oder nicht, nachdem die chemische Reizung eine scheinbare Todeszuckung erzeugt hat. Dasselbe gilt von dem anhaltenden Flimmern einzelner Muskelbündel, den Wechselkrämpfen oder dem in seiner Stärke schwankenden Starrkrampfe, den das allmählige endosmotische Vordringen z. B. einer Kochsalzlösung erzeugt und den man daher durch das Versenken des Nerven in reines Wasser beruhigen oder aufheben kann. Dasselbe Mittel hemmt auch die Zuckungen, die sich bisweilen bei dem verhältnissmässig raschen Austrocknen des Nerven im luftverdünnten Raume oder in der geschlossenen Kammer über Schwefelsäure oder Chlorcalcium einfinden. Das Mark einzelner Primitivfasern bleibt oft nach ECKHARD vor der schädlichen Wirkung der Gerbsäure und vieler Metallsalze bewahrt, weil sich diese Körper mit der Nervenscheide zu einer schützenden Hülle verbinden.

§. 1176. Die anhaltende Erregungswirkung eines Körpers kann durch den Einfluss eines anderen beseitigt werden. GERLACH fand, dass das durch eine Kochsalzlösung erzeugte Muskelflimmern eines galvanischen Froschpräparates aufhört, wenn man den Nerven in eine concentrirte Harnstofflösung versenkt. Lässt man umgekehrt den Nerven in einer 30procentigen Harnstofflösung eine Zeit lang liegen und bringt ihn hierauf in eine concentrirte Kochsalzlösung, so treten nach RICHTER die Zuckungen um so später ein, je länger die Harnstofflösung gewirkt hat. Eine Mischung dieser und einer concentrirten Kochsalzlösung erzeugt keine Zusammenziehungen. Die Erfahrungen von KÖLLIKER zeigen, dass wiederum der Dichtigkeitsgrad der Harnstofflösung den Erfolg wesentlich bestimmt. Eine sehr concentrirte und eine sehr verdünnte Lösung können ohne alle Zuckung tödten. Man bemerkt häufig die Zusammenziehung bei mittleren Dichtigkeitsgraden. Die Nerven können endlich ihre Kräfte in einer sehr verdünnten Harnstofflösung lange Zeit bewahren.

§. 1177. Man hat sich früher begnügt, die durch örtliche chemische Wirkungen erzeugten Zuckungen nur dem Augenmasse

nach zu schätzen. Ich liess, um nähere Aufschlüsse zu gewinnen, die Verkürzungscurven des Wadenmuskels enthirnter Frösche aufschreiben, während und nachdem eine schädliche Masse einen Bezirk des Nerven geändert hatte. Das Hüftgeflecht blieb in einzelnen Fällen mit dem Rückenmark verbunden und wurde von ihm in anderen getrennt. Die ätzende Lösung wirkte meistentheils auf das Hüftgeflecht und seltener auf den blossgelegten Hüftnerven. Eine Muskelcurve, die man durch die Reizung des Rückenmarkes, der chemisch veränderten oder einer unversehrt gelassenen Stelle des Nerven erzeugte, wurde von Zeit zu Zeit aufgezeichnet, bis endlich die Empfänglichkeit erloschen war oder keine merkliche Abweichung von den regelrechten Verhältnissen der Erholung wegen zum Vorschein kam. Das Uhrwerk besorgte die Schliessung und Oeffnung der Kette (§. 175.). Nebenwiderstände bewahrten vor Täuschungen durch den Wechsel der Leitungswiderstände (§. 388.). Die Ausmessung der Hubhöhen und der kreisförmigen Zeitabscissen (§. 322.) liess die Längenabnahme und die zeitlichen Beziehungen im Einzelnen verfolgen.

§. 1178. Legte man einen Bausch, der mit einer Mischung von 39 Theilen Wasser und 1 Theil sogenannter concentrirter Schwefelsäure befeuchtet war, auf das Hüftgeflecht, so erhielt man unmittelbar darauf eine grössere maximale Hubhöhe der Schliessungszuckung, wenn der elektrische Strom das Rückenmark, nicht aber wenn er das Hüftgeflecht durchsetzte. Die Reizung des Rückenmarkes führte aber 20 Minuten später zu einer sehr schwachen und nach 40 Minuten zu gar keiner Verkürzung mehr, während die etwas stärkere elektrische Erregung des Hüftgeflechtes noch nach mehr als vier Stunden wirkte. Die zeitlichen Verhältnisse lieferten keine so scharfen Unterschiede von den gewöhnlichen Erscheinungen während der erhöhten und während der erniedrigten Empfänglichkeit. Die örtliche Ansprache des Hüftgeflechtes verrieth keine deutlichen Merkmale einer krankhaft erhöhten Reizbarkeit. Diese sank erst nach längerer Zeit und man hatte zuletzt die Eigenthümlichkeit, dass der aufsteigende Strom eine Schliessungs- und der absteigende gar keine Zuckung darbot.

§. 1179. Wendete ich Phosphorsäure, die mit 13 Theilen Wasser verdünnt war, in ähnlicher Weise auf das Hüftgeflecht an, so verrieth sich ein hoher Grad von Ueberempfindlichkeit während sehr langer Zeit, wenn man das Rückenmark ansprach. Mässige Ströme lieferten dann grössere Hubhöhen für die Schliessungszuckungen und nicht selten mehrere Zusammenziehungen oder einen

Oeffnungsklonus (§. 1120.) während und nach der Oeffnung der Kette. Die Muskelcurve erreichte oft erst ihre grösste Höhe nach mehreren schwachen Auf- und Niedergängen. Man hatte dabei keinen beständigen Wechsel in den zeitlichen Verhältnissen. Die Erschlaffung verlangsamte sich zuletzt in auffallender Weise. Die örtliche Reizung des Hüftgeflechtes führte zu den gewöhnlichen Erscheinungen. Die eigenthümliche Stimmungsrichtung, die der Nerv wegen des früheren Aufenthaltes des Frosches im Wasser von + 4° C. darbot (§. 1090.), blieb trotz der Wirkung der Phosphorsäure erhalten. Die Schliessungszuckung des absteigenden Stromes gab dabei grössere Hubhöhen als die Oeffnungszuckung des aufsteigenden.

§. 1180. Verdünnte Salpetersäure, die auf den Oberschenkeltheil des Hüftnerven oder das Hüftgeflecht wirkte, erzeugte keine stürmischen Zuckungen. Die Zusammenziehungen waren verlangsamt und gaben bedeutende Hubhöhen, man mochte das Rückenmark, das Hüftgeflecht oder den Hüftnerven ansprechen. Das Zuckungsgesetz des lebenden Nerven erhielt sich bis zuletzt. Einzelne der mit Salpetersäure behandelten Nerven, deren Reizbarkeit vollkommen geschwunden war, hatten einen vollständig geronnenen Inhalt. Die übrigen zeigten wenigstens doppelte Seitenränder. Man sah diese auch, wenn man ein Bündel des Leistennerven ohne Zerfaserung untersuchte.

§. 1181. Reine mit dem 16fachen Wassers verdünnte Salzsäure auf den Oberschenkeltheil des Hüftnerven angewandt, verlangsamte zuerst die von dem Rückenmarke aus angeregte Zuckung, ohne deren grösste Hubhöhe herabzusetzen. Alle Wirkung blieb bald darauf aus. Leitete man den Strom durch das Hüftgeflecht, so erhielt man zuerst stürmische und einige Zeit darauf keine Zusammenziehungen, wenn auch noch ein eben so langes Stück des Oberschenkeltheiles des Hüftnerven ziemlich starke Wirkungen lieferte. Diese bestanden in Schliessungszuckungen bei dem ab- und in Oeffnungsverkürzungen bei dem aufsteigenden Strome. Beide liefen ziemlich ruhig ab. Die in dem Innern des gelbbräunlichen Hüftnerven gelegenen Fasern zeigten höchstens die Doppellinien an den Seitenrändern als den ersten sichtlichen Anfang der Markgerinnung.

§. 1182. Flüssige Essigsäure, die auf den Hüftnerven gebracht wurde, hemmte bald die Durchleitung der von dem Rückenmarke aus erregten Reizung. Ging die Elektricität durch den Hüftnerven selbst, so verlor sich binnen Kurzem die Antwort auf den aufsteigenden, nicht aber die auf den absteigenden Strom.

§. 1183. Wurde dieselbe Essigsäure mit 20 Theilen Wassers verdünnt auf einen anderen Hüftnerven gebracht, so vergrösserte sich zuerst die Wirkung des Rückenmarkes, besonders für die Hubhöhe bedeutend und schwand zuletzt gänzlich. Die Durchleitung der Ströme durch den Hüftnerven lieferte beträchtlichere Längenabnahmen. Man hatte später den Fall, dass der absteigende Strom nur spurweise wirkte, der aufsteigende dagegen eine kräftige Schliessungszuckung hervorrief. Die mit der Essigsäure misshandelte Strecke des Hüftnerven erschien unter dem Mikroskope auffallend durchsichtig. Das Mark zeigte keine merkliche Veränderung in gewöhnlichem Lichte. Seine gelbe Farbe auf dem rothen Gypsgrunde des Polarisationsmikroskopes war aber gesättigter, als die der nicht geronnenen Fasertheile.

§. 1184. Eine Essigsäureverdünnung im Verhältnisse 1 : 100 machte bald die von dem Rückenmarke aus erregten Zuckungen unruhig. Floss dann unmittelbar darauf ein absteigender Strom durch den mit der Säure behandelten Abschnitt des Hüftnerven, so erreichte der Muskel rasch das Maximum seiner Zusammenziehung, erschlaffte dann schnell zu einem grossen Theile und verlängerte sich hierauf asymptotisch. Der aufsteigende Strom gab eine etwas ruhigere Curve. Dieser Charakter, der sich lange erhielt, nahm in der Folge immer mehr ab. Behandelte man hierauf das gleiche Nervenstück mit derselben verdünnten Essigsäure, so trat die unruhige Muskelverkürzung nur bei der Erregung des Rückenmarkes, nicht aber bei der des Hüftnerven auf.

§. 1185. Die Anwendung gesättigter Kleesäurelösung auf den Hüftnerven zeigte mir nur ein Mal eine bemerkenswerthe Eigenthümlichkeit. Der früher in der Kälte aufbewahrte und kurz vor dem ersten Versuche enthirnte Frosch gab sogleich eine starke Schliessungszuckung bei aufsteigendem und eine kräftige Oeffnungszuckung bei absteigendem Strome. Einige Zeit nach der Einwirkung der Säure erhielt man nur Schliessungszuckungen bei beiden Stromesrichtungen. Die Oeffnungszuckung fiel später wiederum bei absteigendem Strome und die Schliessungszuckung bei aufsteigendem stärker aus. Wir haben schon §. 1090. gesehen, dass diese Grundstimmung von der Aufbewahrung der Frösche in Wasser, dessen Temperatur weniger als 5° C. betrug, herrührte.

§. 1186. Wässrige Kalilösung im Verhältnisse 1:85 auf den Hüftnerven gebracht, erhöhte in einem ersten Frosche zuerst die Empfänglichkeit des Hüftnerven, nicht aber die Wirkungen des Rücken-

markes. Die Hubhöhen vergrösserten sich und ihr Maximum wurde schneller erreicht. Die Wirkung des Rückenmarkes wuchs in der Folge, während die des Hüftnerven selbst schon abzunehmen anfing. Ein zweiter auf dieselbe Weise behandelter Frosch verrieth sogleich eine ausserordentliche Vergrösserung der Hubhöhe für den Hüftnerven und eine merkliche für das Hüftgeflecht. Die erhöhte Empfänglichkeit erhielt sich ziemlich lange und sank später mit auffallender Geschwindigkeit. Der Hüftnerv des ersten Frosches, der mechanische Reize unmittelbar vor der mikroskopischen Untersuchung beantwortete, war durchsichtiger. Das Mark zeigte doppelte Seitenränder und erschien noch negativ in dem Polarisationsmikroskope.

§. 1187. Wässrige Kalilösung von $^1/_{170}$ machte die Curve, die man durch die Erregung des Hüftgeflechtes erhielt, besonders in absteigender Richtung stürmischer und die, welche die Ansprache des Hüftnerven lieferte, höher. Diese Merkmale verloren sich nach einiger Zeit. Die Wirkungen sanken hierauf. Sie nahmen durch das Auswaschen des Hüftnerven mit Wasser noch mehr ab. Eine Kalilösung von $^1/_{340}$ lieferte ähnliche Ergebnisse. Der mit dieser Flüssigkeit behandelte Hüftnerv hatte seine Empfänglichkeit zwei Tage später eingebüsst, der der anderen Seite dagegen noch beibehalten. Behandelte man diesen jetzt mit derselben Kalilösung, so gab er sogleich grössere Hubhöhen als früher.

§. 1188. Ammoniakdämpfe, die von der Ernährungsflüssigkeit aufgenommen werden, oder eine verdünnte wässrige Ammoniaklösung können die Empfänglichkeit, wie Harless schon angab, zuerst erhöhen und dann erniedrigen. Brachte ich einen mit starker Ammoniakflüssigkeit durchtränkten Bausch von Filtrirpapier auf das Hüftgeflecht, so erhielt ich sogleich eine merkliche Abnahme der Leistungsfähigkeit. Die Nerven erholten sich aber rasch nach der Hinwegnahme des Bausches.

§. 1189. Hatte ich das Hüftgeflecht eines Frosches durchschnitten und streute gepulvertes chlorsaures Kali auf den blossgelegten Hüftnerven, so führte ein absteigender durch das Hüftgeflecht geleiteter Strom zu ausserordentlich stürmischen Zuckungen, deren maximale Hubhöhen $2^1/_2$ Mal so gross, als vor der Wirkung des Salzes ausfielen. Der aufsteigende Strom gab eine zwei Mal so starke, aber ruhige Verkürzung. Man hatte nur Schliessungs- und keine Oeffnungszuckungen in beiden Fällen. Die Empfänglichkeit war schon so tief nach zehn Minuten gesunken, dass nur noch Spuren von Schliessungszuckungen bei beiden Stromesrichtungen auf-

traten. Das Auswaschen des chlorsaueren Kali's mit Wasser besserte den Zustand nicht. Die Reizbarkeit war drei Stunden später gänzlich verschwunden.

§. 1190. Leitete ich den Strom quer durch das Rückenmark in der Gegend des vierten Wirbels und bestreute hierauf das Hüftgeflecht mit Kochsalz, so stellte sich ebenfalls eine verhältnissmässig lange anhaltende Vergrösserung der Wirksamkeit ein. Die Hubhöhe wuchs zuerst bis auf beinahe das Doppelte, ergab einige Minuten später $^1/_3$ bis $^1/_9$ mehr und nach einer Ruhe von einer Viertelstunde ungefähr $^2/_5$ mehr, als vor der Kochsalzwirkung.

§. 1191. Behandelte ich den Hüftnerven eines vor 24 Stunden enthirnten Frosches mit einer Lösung von einem Theile Chromsäure in 9 Theilen Wassers, so nahm zuerst die Hubhöhe ab, als wenn sie für immer sinken wollte. Sie war aber nach einer Viertelstunde Ruhezeit um das Vier- bis Fünffache gestiegen und fiel daher dann weit höher, als vor der Anwendung der Chromsäure aus. Die Zuckungen dauerten zugleich lange und hielten selbst während eines Theiles des Geschlossenseins der Kette an. Man hatte hin und wider beinahe eben so hohe Oeffnungs-, als Schliessungsverkürzungen. Sank die Empfänglichkeit, so konnte man sehr grosse Längenabnahmen durch die abermalige Befeuchtung des Nerven mit der Chromsäurelösung und die nachfolgende elektrische Reizung hervorrufen. Der Nerv und die Muskeln erschienen intensiv gelb, das Mark dagegen weiss und stark negativ, man mochte seine Gerinnung in gewöhnlichem Lichte erkennen oder nicht. Die Wiederholung der Versuche mit derselben Chromsäurelösung an anderen Fröschen lehrte, dass die ausserordentliche Vergrösserung der Hubhöhen keine beständige Erscheinung bildet und leichter in Fröschen vorzukommen scheint, die vor 24 Stunden, als unmittelbar vor dem Versuche enthirnt worden.

§. 1192. Schwefelsaueres Kupferoxyd-Ammoniak auf den Hüftnerven gebracht setzte sogleich die Hubhöhen beträchtlich herab, man mochte den Hüftnerven oder das Hüftgeflecht elektrisch reizen. Die Empfänglichkeit ging nach Kurzem ganz verloren.

§. 1193. Eine Lösung von salpetersauerem Silberoxyd vergrösserte die Hubhöhen schon nach der ersten Anwendung auf den Hüftnerven und rief stürmische Zuckungen bei ab-, nicht aber bei aufsteigendem Strome nach der zweiten hervor. Eine bedeutende Hubhöhe erhielt sich noch in der Folge. Die Zusammenziehung verlief aber rasch und die Erschlaffung senkte sich steiler ab. Es

ereignete sich später zu wiederholten Malen, dass der absteigende Strom keine Verkürzung, der aufsteigende dagegen rasche und kräftige Schliessungs- und Oeffnungszuckungen gab. Die Verstärkung der Batterie hatte höchstens zur Folge, dass der absteigende Strom eine Spur von Schliessungszusammenziehung lieferte, während der aufsteigende eine grösste Hubhöhe von 3 Millimeter bei dem Schlusse und eine solche von 2,4 Mm. bei dem Oeffnen gab. Obgleich beide Stromesrichtungen zehn Minuten später nur spurweise wirkten, so blieb doch der nachdrücklichere Einfluss des aufsteigenden Stromes immer noch kenntlich. Man hatte dann den Fall, dass dieser den Wadenmuskel und die den Elektrodennadeln unmittelbar benachbarten Oberschenkelmuskeln verkürzte, der aufsteigende Strom dagegen nur diese letzteren zur Zusammenziehung nöthigte.

§. 1194. Diese Beispiele bestätigen abermals, dass es nicht in allen Fällen gleichgültig ist, ob nur die Nervenerregung einen durch chemische Eingriffe örtlich veränderten Nervenbezirk durchsetzt oder von demselben ausgeht. Der durch einen Eingriff erzeugte Molecularumsatz des Markes kann den inneren Widerstand in anderer Weise, als den äusseren (§. 207.) ändern. Es glückt bisweilen, Augenblicke zu treffen, in welchen die Durchleitung der von dem Rückenmarke kommenden Erregung aufgehoben ist, die unmittelbare kräftige elektrische Reizung des chemisch veränderten Markes dagegen die Zeichen der Ueberempfänglichkeit verräth. Die Letztere kann entweder von dem chemisch misshandelten Bezirke oder von einer, wahrscheinlich durch die Empfindungsnerven erzeugten grösseren Reizbarkeit des Rückenmarkes ausgehen. Dieser zweite Fall vermag es dann herbeizuführen, dass Ströme, die durch das Rückenmark fliessen, stürmische Zuckungen, Oeffnungsklonus und überhaupt die Merkmale tiefgreifenderer Wirkungen herbeiführen, während alle diese Erscheinungen bei der Erregung des chemisch geänderten Bezirkes mangeln.

§. 1195. Hält die Stufe der grösseren Empfänglichkeit so lange an, dass man sie durch den Versuch nachweisen kann, so zeigt sie sich in den meisten Fällen als die erste Veränderung, der dann die Abnahme der Erregbarkeit nachfolgt. Die §. 1191. angeführte mit Chromsäure gemachte Erfahrung kann aber lehren, dass man auch zuerst ausnahmsweise eine Abnahme, dann eine beträchtliche Vergrösserung der Empfänglichkeit und zuletzt wiederum Lähmungserscheinungen haben kann. Die Maxima der Hubhöhen sind bis zu einem gewissen Grade von den zeitlichen Verhältnissen der Verkürzung unabhängig.

Jene können wachsen, während sich die zur gesammten oder nur die zur sinkenden Zusammenziehung nöthige Zeitdauer verlängert. Die raschen stürmischen Zuckungen liefern meistentheils bedeutende Hubhöhen.

§. 1196. Der Stimmungszustand, in dem sich der Nerv im Augenblicke der chemischen Einwirkung befindet, kann bis zu den letzten Spuren der Empfänglichkeit fortdauern. Die Zähigkeit des Zuckungsgesetzes des lebenden Nerven bewährt sich auch oft genug in den hierher gehörenden Versuchen. Jener Satz bestätigt sich auch nicht selten, wenn der Aufenthalt des Frosches in sehr kaltem Wasser die Stimmung des lebenden Nerven so änderte, dass der aufsteigende Strom eine kräftigere Schliessungs- und der absteigende eine lebhaftere Oeffnungszuckung gibt (§. 1185.). Die chemischen Aenderungen des Markes können aber auch bewirken, dass die eine Stromesrichtung vor der anderen bevorzugt erscheint, dass sich z. B der Muskel bei dem Schlusse, nicht aber bei der Oeffnung des absteigenden Stromes kräftig zusammenzieht, der aufsteigende dagegen nur eine Spur von Schliessungszuckung liefert. Derselbe Unterschied kann sich noch dadurch verrathen, dass ein absteigender Strom zu stürmischen, der aufsteigende dagegen zu ruhigeren Zusammenziehungen führt, wenn selbst die Verbindung mit dem Rückenmarke aufgehoben worden, beide aber nur Schliessungszuckungen erzeugen.

§. 1197. Die nicht zu grossen schädlichen Wirkungen flüchtiger Körper, wie des Ammoniaks, können sich durch die Verdunstung verhältnissmässig rasch verlieren. Haben aber einmal fixe Massen das Mark durchgreifend geändert, so nützt das Auswaschen des entsprechenden Nervenbezirkes mit grossen Mengen reinen Wassers nichts, sondern setzt oft die Empfänglichkeit noch mehr herab. Man kann diese Erfahrung selbst dann machen, wenn die Primitivfasern eine nur unbedeutende Randgerinnung (§. 63.) darbieten.

§. 1198. Derselbe Körper ist im Stande, die verschiedensten Wirkungen, je nach seinem Wärmegrade, der absoluten gebrauchten Menge, der Verdünnung der Lösung und der ursprünglichen Beschaffenheit des Markes hervorzurufen. Die gleichen Veränderungen der Empfänglichkeit können durch die verschiedensten Stoffe herbeigeführt werden. Man muss sich daher hüten, eine bestimmte Folge der Ueberempfänglichkeit, der Lähmung oder der Begünstigung der einen Stromesrichtung vor der anderen mit der eigenthümlichen Wirkungsweise des Körpers, der die Erscheinung erzeugt hat, in

Beziehung zu bringen. Wie die blosse Angabe des Concentrationsgrades der gebrauchten Lösung einen nur untergeordneten Werth besitzt, wenn man nicht auch die übrigen Nebenbedingungen ausgemessen hat, so wiederholt sich das Gleiche in einem gewissen Grade für die Beschaffenheit der gebrauchten Masse. Obgleich natürlich die Verbindung, die sich durch die Einwirkung erzeugt, von der ursprünglichen Mischung des Markes und der Zusammensetzung der dasselbe ändernden Substanz abhängt, so lehrt doch die Erfahrung, dass hier nicht immer jener rasche Umsatz Statt findet, den wir bei den gegenseitigen Reactionen unorganischer Lösungen antreffen. Tödtet Vitriolöl den in dasselbe getauchten Nerven im Augenblicke, ohne auch nur eine Zuckung hervorzurufen, so hat man eine eben so schnelle Wirkung, wie wenn die Schwefelsäure schwefelsaueren Baryt aus einer Chlorbaryumlösung niederschlägt. Das salpetersauere Silberoxyd erzeugt sogleich Hornsilber, so wie es mit einer Kochsalzlösung unter gewöhnlichen Verhältnissen zusammentrifft. Wirkt es auf die Chlorverbindungen des Nerven, so kann es zuerst die Hubhöhen vergrössern, dann stürmische kräftige Zuckungen hervorrufen, die blosse Geschwindigkeit der Verkürzung merklich ändern, die aufsteigende Stromesrichtung vor der absteigenden begünstigen und endlich zuletzt lähmen, mithin eine Reihe der verschiedensten Wirkungen im Laufe einer Zeitgrösse hervorrufen, die zum Nachweise aller dieser Wechselerscheinungen durch keineswegs beeilte Einzelversuche hinreicht. Die Chemie kennt schon zahlreiche Beispiele, in denen die Reactionen einzelner Körper verdeckt werden, wenn gewisse organische Massen in der Lösung vorhanden sind. Man hat aber bis jetzt einen Punkt nicht verfolgt, auf dessen Anwesenheit die Erfahrungen, die man an dem lebenden Nerven macht, hindeuten, dass nämlich einzelne organische Körper eine Reihe verschiedener Molecularveränderungen innerhalb einer endlichen und oft bedeutenden Zeitgrösse durchlaufen, ehe sich die bleibende Reactionsverbindung erzeugt. Die verdünnte Säure, die auf das Nervenmark wirkt, bringt dieses erst durch eine Anzahl von Zwischenstufen zur Gerinnung. Das Silber des salpetersaueren Silberoxydes vereinigt sich nicht ohne weiteres mit den Chlorverbindungen des Nerven zu Hornsilber, sondern erzeugt eine verhältnissmässig langsam fortschreitende Molecularveränderung des Markes trotz seiner grossen Wahlverwandtschaft zum Chlor. Ist die §. 256. aufgestellte Annahme richtig, dass die verschiedene Einwirkung des auf- und des absteigenden Stromes davon herrührt, dass die Molecüle oder die Moleculargruppen

regelwidrige in Bezug auf die Längsachse des Nerven unsymmetrische Formen angenommen haben, die der Triebkraft der einen Stromesrichtung einen grösseren Widerstand, als der der anderen entgegensetzen, so würde die vor der Lähmung eintretende Bevorzugung einer Stromesrichtung nur aussagen, dass die chemische Einwirkung eine vorübergehende oder bleibende Molecularanordnung erzeugt, aus der einseitiger gestaltete Massentheilchen hervorgehen.

§. 1199. Die feinere Wirksamkeit der Empfindungs- in Vergleich zu der den Bewegungsfasern bewährt sich auch für die chemischen Erregungen. Dieselbe Schwefelsäure, die den Nerven ohne unmittelbare Zuckung im Augenblicke der Berührung tödtet, kann Reflexbewegungen und Schmerz bedingen. Der Letztere erhält sich bei den verhältnissmässig schwächsten Einwirkungen, wenn nicht die Masse durch widerstehende Gebilde, wie die Hornsubstanz der Oberhaut, von den Nerven abgehalten wird. Eine Lösung, welche die heftigsten Schmerzen erzeugt, braucht desshalb nicht die mit unseren gegenwärtigen optischen Hilfsmitteln kenntliche Beschaffenheit des Nerven in merklicher Weise zu ändern.

VII. Wirkungen einzelner Gifte auf die Nerventhätigkeit.

§. 1200. Wie die Krankheit keinem scharf gesonderten Zustande entspricht, sondern nur die veränderungsfähige Molecularbeschaffenheit der Gewebe von dem als regelrecht angesehenen Bezirke zu dem krankhaften allmählig oder sprungweise übergeht, so wiederholt sich etwas ähnliches für die Beziehungen der Nahrungsmittel zu den Giften. Unpassende Mengen oder ungünstige von dem Organismus gelieferte Bedingungen können die sonst nützlichsten Einnahmen in schädliche umwandeln. Körper, die zu den heftigsten Giften gewöhnlich gehören, wie der Arsenik, beleben anderseits unter ausnahmsweisen Verhältnissen die Muskel- und Nerventhätigkeiten und fördern die Ernährungserscheinungen. Die Gewohnheit der Einführung kleiner Gaben oder die sogenannte Toleranz kann den Genuss einzelner Gifte, wie des Opiums oder des Morphins minder nachtheilig machen. Es liegt in der Natur der Sache, dass die Mischung eines jeden mikroskopischen Gewebelementes innerhalb einer gewissen Breite zu wechseln vermag, ohne desshalb krankhaft zu werden,

weil kein starres Gesundheitsschema vorhanden ist. Die uns zu Gebote stehenden stumpfen Erkenntnissmittel machen es immer nur möglich, die Wirkungsresultante einer grösseren und zwar meist einer als unendlich gross anzusehenden Summe mikroskopischer Gewebtheile zu verfolgen. Die Einzelnen arbeiten dabei in verschiedener Weise, weil sie, ursprünglich ungleich zusammengesetzt, dieselbe Erregung abweichend beantworten. Der Erfolg einer jeden Einnahme unseres Körpers hängt aber nicht bloss von der Art ihrer hiernach wechselnden Wirkung auf die entsprechenden Gewebelemente, sondern auch von der Zahl und der Bedeutung der letzteren für den Gesammtorganismus ab. Eine geringe Menge eines Stoffes, wie des Strychnin oder des Curare, der die Ganglienkugeln des centralen Nervensystemes entmischt, ist daher gefährlicher, als eine grosse Masse Schwefelsäure, die zunächst nur die Oberflächengebilde der Aussenseite oder der zugänglichen Innenhöhlen des Körpers verkohlt.

§. 1201. Eine unserer nothwendigsten Einnahmen, das Wasser, entfaltet seine günstigsten oder seine zerstörenden Wirkungen, je nach Verschiedenheit der Nebenbedingungen. Der reichliche Genuss nicht allzukalten Wassers erregt Wurmbewegungen des Darmes und erweicht die Inhaltsmassen desselben, wenn es, nicht vollständig aufgesogen, den Nahrungscanal theilweise durchsetzt. In das Blut übergetreten, vermehrt es den Umfang und daher auch die Spannung desselben. Dieser grössere Druck hat aber wiederum eine stärkere Ausscheidung zur Folge. Sie macht sich am lebhaftesten für die Nieren geltend. Die Menge des in den Lungen und vorzugsweise des an der Haut abdunstenden Wassers nimmt wahrscheinlich oft genug ebenfalls zu. Der reichlicher gewordene Harn entführt aber nicht bloss mehr Wasser, sondern auch absolut, wenn auch nicht immer relativ grössere Mengen von Zersetzungserzeugnissen der thätig gewesenen Körpergewebe. Wir haben schon §. 379. gesehen, dass die Entfernung dieser Zerlegungskörper die Ermüdung der Muskeln verkleinert. Da sich wahrscheinlich das Gleiche für die übrigen Gewebe wiederholt, so kann auf diese Art der Wassergenuss die Thätigkeiten derselben mittelbar begünstigen. Enthält das Wasser noch eine Reihe nahrhafter oder passend erregender Stoffe aufgelöst oder beigemengt, so wird seine günstige Wirkung um so eher steigen.

§. 1202. Die blosse Temperaturerhöhung kann schon den Einfluss des getrunkenen Wassers ändern und dasselbe zu einem Mittel machen, das Ekel und Erbrechen erzeugt, die Schweissbildung be-

günstigt und nicht selten erschlaffend eingreift. Man kann grössere Wassermassen in das Blut spritzen, ohne dass irgend wo Ergüsse entstehen. Die Behauptung, dass diese sich schon bei Mengen bilden, die zur Berechnung der Blutmenge aus dem Verdünnungsgrade hinreichen, bestätigt sich in der Erfahrung nicht. Wird aber der Blutdruck so gross, dass die vermehrte Ausscheidung durch die Nieren und die Haut nicht ausreicht, so erzeugen sich Ergüsse in den Körperhöhlen und Oedeme des Bindegewebes an allen Orten, an denen ein verhältnissmässig geringer Gegendruck den Austritt begünstigt. Man kann aber z. B. einem Pferde eine Wassermenge, die $^1/_{10}$ bis $^1/_{12}$ seines Körpergewichtes entspricht, in dem Zeitraume von ungefähr einer halben Stunde in die Drosselvene spritzen, ohne dass desshalb das Thier zu Grunde geht oder selbst nothwendiger Weise ein dauerndes Leiden davonträgt.

§. 1203. Treibt man Wasser von 10 bis 15° C. in den die Herzkammer des Frosches verlassenden Schlagaderstamm so lange ein, bis die grösste Menge des Blutes verdrängt worden und daher die Flüssigkeit fast farblos aus dem geöffneten Sinus hervorquillt, so ziehen sich die Körpermuskeln zusammen und ein anhaltendes Zittern oder Flimmern begleitet den Tod derselben. Diese Erscheinung wiederholt sich noch an Fröschen, in denen die Curarevergiftung die freien Nervenstämme gelähmt hat. Sie fehlt dagegen nach Kölliker nach der Einverleibung von Antiar, wenn selbst die Muskeln noch in geringem Grade reizbar sind. Hängt ein Bein nur durch den Hüftnerven mit dem übrigen Körper zusammen, so bleiben die Muskeln desselben nach Wittich ruhig, während die des übrigen Körpers zittern. Man kann schon bisweilen ein ähnliches Muskelspiel hervorrufen, wenn man einen frischen Querschnitt des Rückenmarkes mit kaltem Wasser befeuchtet. Entzieht man einem Frosche einen grossen Theil seines Körperwassers, indem man ihn in Kochsalz oder in Zucker setzt, wobei natürlich wiederum eine gewisse Menge dieser Stoffe nach ihrer Lösung in das Blut übergeht, so werden die Thiere zuerst unruhig, sondern eine reichlichere Menge Schleimes an der Haut ab, verlieren später ihre Empfindlichkeit und Beweglichkeit, bis endlich Athmung und Herzschlag still stehen. Das Wasser wirkt örtlich auf die Nerven zerstörender als nicht starke Lösungen indifferenter Körper, z. B. von Kochsalz oder Zucker.

§. 1204. Das in allen Nahrungsmitteln in verhältnissmässig reichlicher Menge enthaltene Kochsalz kann ein zweites Beispiel

der verschiedenartigen Wirkung eines und desselben Körpers liefern. Der mässige Genuss desselben befördert die Ernährungserscheinungen. Wir haben überdiess §. 1172. gesehen, dass sich die Empfänglichkeit des Nerven eines Froschpräparates in einer verdünnten Kochsalzlösung lange erhalten kann. Sie wirkt aber schädlich, wenn sich in ihr der lebende Frosch eine Zeit lang aufhält. Winterfrösche gingen wenige Tage oder Stunden zu Grunde, nachdem ich sie in eine Kochsalzlösung von 2 bis 5% versetzt hatte. Befanden sie sich in einer Lösung von 4,4%, so verrieth sich schon die Unbehaglichkeit nach einer Viertelstunde. Sie waren nach drei Stunden todt. Das Rückenmark hatte seine Empfänglichkeit gänzlich und der Hüftnerv dieselbe grösstentheils verloren. Die Augendeckel und die Linsen waren weiss getrübt. Die Bauchhöhle des einen Frosches enthielt eine blutige Flüssigkeit, während sich keine Spur einer solchen in der eines andern vorfand. Die Eingeweide boten nichts Auffallendes dar. Die mikroskopische Untersuchung lehrte, dass die Flimmerbewegung der Mundhöhle fortdauerte, die Bewegungsfähigkeit der Spermatozoiden erhalten war und das Nervenmark den gewöhnlichen negativen, die Muskeln und die nur in ihrer Rindenschicht getrübte Krystalllinse den gewöhnlichen positiven Charakter der Doppelbrechung besassen. Frösche, die in eine Kochsalzlösung von 2,2% versetzt worden, blieben die ersten 2½ Tage munter, wurden aber am dritten Tage todt gefunden. Ihre Augenlider waren schwach, die Linsen dagegen gar nicht getrübt. Zwei Frösche, die in einer einprocentigen Salzlösung lebten, zeigten keine auffallende Erscheinung innerhalb sechs Tagen, obgleich zuletzt die Dichtigkeit der Lösung auf 1,2% durch die Verdunstung gestiegen war. Das kleinere Thier wurde aber am achten Tage todt gefunden. Die Krystalllinse des Auges war durchsichtig und besass einen entschieden positiven Charakter der Doppelbrechung. Die Haargefässe vieler Muskeln und des Hüftnerven waren mit Blut, wie nach einer künstlichen Einspritzung gefüllt. Dieses, der Darm und der Eierstock lieferten keine irgend bedeutenden Niederschläge mit salpetersaurem Silberoxyd.

§. 1205. Die Linse von Winterfröschen, die in einer vierprocentigen Kochsalzlösung gestorben waren, erschien hell und durchsichtig. KUNDE, BUDGE und KÖHNHORN fanden dagegen, dass sich die von Fröschen, Kaninchen, Katzen und Hunden getrübt hatte, wenn grössere Gaben von Kochsalz innerlich verabreicht worden. Die Fische eines Teiches erblindeten, nachdem eine grössere

Flüssigkeitsmenge aus einer Salzsoole hinzugeflossen war. Versetzt man den Frosch in reines Wasser, so verliert sich die Linsentrübung. Man kann sie übrigens nach KUNDE durch Natronsalpeter eben so gut als durch Kochsalz erzeugen.

§. 1206. Bildet auch eine verdünnte Kochsalzlösung ein besseres Erhaltungsmittel der Nervenkräfte als reines Wasser, so greift doch eine dichtere schädlich ein. Bestreut man den Nerven eines galvanischen Froschpräparates mit Kochsalz, so erhält man oft eine starrkrampfartige, von Muskelflimmern begleitete Zusammenziehung, weil die sich allmählig bildende concentrirte Kochsalzlösung erst nach und nach in den Nerven eindringt. Hat man Muskeln durch den Aufenthalt in Wasser anschwellen lassen, so können sich ihre Bündel verkürzen, wenn man sie mit Kochsalz bestreut. Entfernt man dieses durch neue Wassermengen, so zieht sich die Muskelmasse unter günstigen Verhältnissen abermals zusammen.

§. 1207. Bilden auch die Diffusionserscheinungen die unerlässliche Grundlage einer jeden Aufsaugung, so übt doch der Blutlauf einen so wesentlichen Einfluss aus, dass die allgemeine Wirkung eines eingenommenen Stoffes von seiner Anwesenheit vorzugsweise abhängt. Die Erfahrung von MAGENDIE und DELILLE, dass man einen Hund durch die Einführung von Upas tieute in eine Fusswunde tödten kann, wenn man alle Theile des Beines bis auf die Schenkelschlagader und die Schenkelblutader getrennt und Federposen statt eines Stückes der letzteren eingeschaltet hat, bewies zuerst in unzweifelhafter Weise, dass die Aufsaugung ohne alle Hilfe der Saugadern selbst in den höheren Thieren möglich ist und sogar der beschränkte und nicht ganz natürliche Blutlauf das Gift den Centralwerkzeugen des Nervensystemes zuführen kann. Die Hemmung der Aufsaugung durch die Unterbrechung des Kreislaufes (§. 1043.) führt einen Schritt weiter. Sie lehrt, dass die Thätigkeit der Saugadern mit dem Stillstande der Blutbewegung in hohem Grade eingeschränkt wird. Da der auf den Wandungen der kleineren Gefässe lastende Blutdruck grösser als der Gegendruck der in den Maschenräumen der Gewebe enthaltenen Flüssigkeit ist, so gehen in diese Stoffe nach Maassgabe des Druckunterschiedes und der Porosität der Gefässwände über. Die Lymphbewegung müsste schon hierbei gewinnen, wenn selbst die Anfänge der Lymphgefässe vollkommen geschlossen wären. Fallen aber Ernährungsflüssigkeit und Anfangslymphe, wie besonders LUDWIG nachzuweisen suchte, in Eines zusammen, so würde die Ausscheidung aus dem Blute und

der Widerstand, den die Gewebe der Dehnung entgegensetzen, eine Rückenkraft liefern, welche die Lymphe und mit ihr die eingeführten Stoffe anhaltend vorwärts bewegt. Die Unterbrechung des Kreislaufes hebt daher nicht nur die rasche Beförderung der von dem Blute ausgesogenen Stoffe, sondern auch der in die Lymphe übergegangenen Verbindungen auf. Die Verbreitung hängt dann von den Wirkungen der Diffusion ausschliesslich ab. Dieses erklärt es, weshalb Gifte, wie Strychnin, Curare, Antiar, die in die Wunde eines Hinterbeines eingeführt worden, nach der Unterbindung der Aorta unterhalb der Abgangsstelle der beiden Nierenschlagadern im günstigsten Falle bei weitem langsamer, häufig aber auch unvollkommener oder gar nicht wirken, wenn nicht das kreisende Blut die durch Diffusion übergegangenen und weiterverbreiteten Körper auf Seitenwegen, z. B. durch die Bauchdeckenschlagader oder die Anastomosen in dem Wirbelcanale und dem Rückenmarke aufnimmt. Dieselbe Gabe Strychnin, die sonst in wenigen Minuten tödten würde, wirkt oft erst nach einigen Stunden, wenn die Aorta unterbunden worden, und erzeugt bisweilen selbst dann nur vorübergehende Krämpfe.

§. 1208. Wir haben mehrfach gesehen, dass das Galvanometer Aenderungen des Markes anzeigt, die sich durch keines unserer optischen oder chemischen Hülfsmittel verrathen. Die Lebensleistungen aber enthüllen andere Beziehungen, über welche die elektrischen Eigenschaften gar keinen oder nur trügerische Aufschlüsse geben. Feinere Verhältnisse, die sich bei mechanischen, thermischen oder chemischen Eingriffen nicht verrathen, können durch elektrische Reize erkannt werden. Manche Gifte, vorzugsweise die sogenannten betäubenden, bilden ebenfalls zarte Reagentien für die Zustände des Nervensystemes. Besitzen sie auch nicht den Grad von Vielseitigkeit, den die optischen und die elektrischen Prüfungsmittel in mancher Hinsicht haben, so gewähren doch viele von ihnen den Vortheil, dass sie auf die sonst weniger zugänglichen grauen Massen wirken und zugleich feine Fühler der durch die Ernährungszustände der Ganglienkugeln bedingten Fähigkeiten derselben bilden. Das Mikroskop oder andere physikalische Untersuchungen können noch nicht anzeigen, ob und wie sich der Bau der Ganglienkugeln des Rückenmarkes von dem der ähnlichen Elemente des Gehirns unterscheidet. Aendern aber Opium und Blausäure zunächst die Wirkungen der Grosshirnhalbkugeln und Strychnin die des Rückenmarkes, so bilden diese Gifte Reagentien für die ungleichen Gesammtresultanten der Eigenschaften jener verschiedenen Abschnitte des

ntralen Nervensystemes. Es kann vorkommen, dass die gewöhnbe Reaction ausbleibt, wenn die Nervenmasse früher schon durch ie andere schädliche Verbindung geändert worden. Ein Thier, s Curare, Opium oder Blausäure erhalten hat, verfällt gar nicht ehr in Strychninkrämpfe oder liefert schwächere Zuckungen, als enn man keines jener Gifte unmittelbar vorher eingeführt hat.

§. 1209. Einzelne Theile des Nervensystemes und der Beegungswerkzeuge nehmen nicht selten eine bevorzugte Stellung anchen Giftwirkungen gegenüber ein. Das Blutgefässherz schlägt ch oft, wenn schon die Muskeln und die Lymphherzen der Frösche llständig gelähmt sind. Strychnin und Opium lassen im Anfange e Thätigkeit der Athemmuskeln fortbestehen. Blausäure oder rare dagegen lähmt sie um vieles früher. Jene Gifte wirken so auf das verlängerte Mark langsamer als diese. Der Zwerchllnerv und das Zwerchfell leiden durch Curare weniger, als die rigen bei der Athmung betheiligten Nerven und Muskeln.

§. 1210. Wie der Zitterfisch den elektrischen Schlag, den er theilt, nicht spürt (§. 282.), so scheint auch niemals das Gift nes Thieres diesem selbst schaden zu können. Die Giftschlangen kranken nach LACEPÈDE nicht durch die Einführung ihrer eigenen ftmasse. Die Angabe von HALL, dass eine Klapperschlange durch n Biss in ihren eigenen Schwanz gestorben sei, bedarf noch sehr r Bestätigung. Wenn BERNARD behauptete, dass die Einimpfung n Viperngift Vipern tödten könne, so zeugen die Erfahrungen von ONTANA[1]) gegen diesen Ausspruch. Die örtliche Anwendung des ötengiftes vernichtet nach VULPIAN die Reizbarkeit des Herzens n Fröschen und Tritonen, nicht aber von Kröten. Das Tritongift rkt in ähnlicher Weise auf das Herz der Frösche und Kröten d nicht auf das der Tritonen.

§. 1211. Viele Körper haben einen bitteren Geschmack, ohne sshalb zu den starken oder zu den Giften überhaupt zu gehören. s muss aber auffallen, dass ein grosser Theil der dem centralen ervensysteme feindlichsten Verbindungen einen durchdringend tteren Geschmack besitzt. Er erhält sich oft bis zu den bedeundsten Verdünnungen. Da er sich dann bei der Blausäure früher s bei dem Strychnin, dem Curare und dem Morphin verliert, so eht man, dass er kein unmittelbares Maass der schädlichen Wirkmkeit abgibt.

[1]) F. FONTANA, Abhandlung über das Viperngift. Berlin 1787. 4. S. 16.

§. 1212. Wie überall, so sind auch hier die Zahlenbeziehungen allein im Stande, eine genügende Einsicht möglich zu machen.

Da nur diejenige Menge eines Giftes, die in das Blut übergegangen, allgemeine Wirkungen erzeugen kann, so reicht es nicht hin, die eingenommene Gabe zu kennen. Man sollte wissen, wie viel in dem Blute enthalten ist, wenn ein bestimmter Erfolg zum Vorschein kommt, welche Blutmenge das ein Krankheitszeichen erzeugende Organ in demselben Augenblicke in der Zeiteinheit durchkreist, welche Quantität eine chemische Verbindung mit den Trägern der Wirkung eingeht und wie diese vor und nach derselben beschaffen sind. Die Menge des eingenommenen Giftes lässt sich gewissermaassen in Gedanken in drei Theile trennen, einen, der noch nicht aufgesogen ist, wenn schon einzelne Störungen zum Vorschein kommen, einen zweiten, der gewissermaassen nutzlos im Blute kreist, weil er durch Organe tritt, die sich nicht unter dem Einflusse des Giftes ändern und endlich einen wirksamen, der die Leistungsfähigkeit bestimmter Gewebe, vorzugsweise des centralen Nervensystemes, krankhafter Weise ändert. Es will daher wenig sagen, wenn einerseits ANDRAL Kinnbackenkrampf im Menschen durch $^1/_{12}$ Gran Strychnin entstehen sah und andererseits DEVERGIE behauptet, dass er $5^1/_2$ Gran ohne irgend eine Vergiftungsfolge verabreicht habe[1]. Die negativen Ergebnisse grosser Gaben von Giften haben ein gerichtlich-medicinisches Interesse. Das der Physiologie und der physiologischen Pathologie dagegen ist vor Allem auf die kleinsten noch wirksamen Mengen gerichtet.

§. 1213. Hat man ein Gift in den Nahrungscanal eingeführt, so können dessen Füllungsmassen einen doppelten Einfluss ausüben. Es ist möglich, dass sich ihre Bestandtheile mit einzelnen des Giftes oder diesem im Ganzen verbinden. Die Lebensgefahr nimmt ab, wenn der neue Körper weniger rasch oder gar nicht aufgesogen wird oder eine minder schädliche Masse bildet. Man weiss aus Versuchen, die an Menschen mit Vorfall der umgestülpten Harnblase angestellt worden, dass im Allgemeinen der leere Magen tropfbar flüssige Verbindungen oder feste, aber lösliche Körper rascher als der gefüllte aufsaugt. Man hat also ein zweites Begünstigungsmittel des glücklichen Ausganges einer Vergiftung, wenn kurz vorher Speisen genossen worden. Das oft auftretende Erbrechen ent-

[1] J. G. A. MÜNNICH, De Veneficio per Strychninum. Berolini 1857. 8. p. 9.

leert einen Theil des Giftes. Es wirkt aber insofern zweideutig, als dann die zurückbleibenden Giftmengen um so rascher aufgesogen werden können. Da der Magen vieler Pflanzenfresser eine gewisse Menge von Nahrungsmitteln zu allen Zeiten enthält, so setzen sie oft der Wirkung der Gifte einen grösseren Widerstand, als die Fleischfresser entgegen. Wir haben überdiess schon §. 851. gesehen, dass der eigenthümliche Bau der Schleimhaut den schützenden Einfluss im Pferde vergrössert. Dasselbe kann sich für andere Theile wiederholen. Es kommt daher vor, dass manche Menschen Gaben von Curare ohne Nachtheil verzehren, die Andere tödten würden. Dieses und die Kakodylverbindungen können bei der Einspritzung in die Lungen eines Säugethieres unwirksam bleiben, während sie ihre giftigen Einflüsse von einer Hautwunde aus rasch entfalten.

§. 1214. Wird ein Gift, das auf bestimmte Theile des centralen Nervensystemes gleich anderen Erregungsmitteln im Anfange reizend und später zerstörend wirkt, allmählig aufgesogen, so kann es sich ereignen, dass das Blut in erster Zeit Gaben zuführt, die noch keine merkliche Wirkung ausüben, wenn sie auch die Beschaffenheit der Ganglienkugeln ändern. Da immer neue Massen mit jedem folgenden Zeittheilchen hinzutreten, so summiren sich die einzelnen Eingriffe, bis endlich die Zeichen der erhöhten Empfänglichkeit zum Vorschein kommen. War die Gabe des Giftes so klein, dass die mögliche Summe die Grenze der tödtlichen Wirkung nicht erreicht, so kann der bei der Fortdauer des Blutlaufes anhaltende Umsatz der Gewebe die allmählige Rückkehr zu den regelrechten Verhältnissen möglich machen. Werden umgekehrt grosse Mengen auf einmal aufgesogen, so entfaltet sich nicht nur die Wirksamkeit des Giftes rascher, sondern die lähmende Wirkung tritt scheinbar von vorn herein ein, wie bei manchen chemischen Reizungen (§. 1164.). Da die Haargefässe nur verhältnissmässig kleine Maschenräume zwischen sich übrig lassen, so kann ein durch das Blut zugeführtes Gift die Gesammtmasse des Rückenmarkes oder des verlängerten Markes auf dem Wege der Diffusion rascher durchdringen, als wenn es auf diese Theile äusserlich angewendet wird und die Durchtränkung aus irgend einem Grunde langsamer vor sich geht. Dieser Grund und vielleicht auch chemische Beziehungen zum Blute bedingen es, dass manche betäubende Gifte, wie Strychnin, im Blute zugeführt, die Thätigkeit der grauen Massen des Rückenmarkes schon in den kleinsten Gaben ändern, während sie nach der Unterdrückung des

Kreislaufes und unmittelbar auf die weisse Masse angewendet, bei weitem schwächer selbst im günstigsten Falle wirken.

1. Strychnin.

§. 1215. Die Samen der zu den Apocyneen gehörenden Brechnuss (Strychnos nux vomica) oder die sogenannten Krähenaugen und deren Hauptalkaloid, das von PELLETIER und CAVENTOU 1818 entdeckte Strychnin bestätigen die §. 1213. erwähnte Thatsache, dass die Pflanzenfresser die Gifte besser als die Fleischfresser zu vertragen pflegen. Kaninchen und Hühner unterliegen erst verhältnissmässig grösseren Gaben jener schädlichen Körper, als Hunde. Die eigenthümlichen Verhältnisse, welche die Pferde in dieser Beziehung darbieten, wurden schon §. 851. erwähnt. Die Frösche zeichnen sich durch ihre grosse Empfindlichkeit für die Strychninwirkungen vor den Kröten und noch mehr vor den Eidechsen, den Schlangen und den Schildkröten aus. ARNOLD, PICKFORD und MARSHALL HALL fanden schon, dass die Aufsaugung einer nicht grossen Menge einer Lösung, die nur $^{1}/_{1000}$ Gran Strychnin enthält, Starrkrämpfe in Fröschen hervorzurufen vermag. Man benutzt diese daher auch für den Nachweis der kleinsten Giftmengen in gerichtlichen Fällen. TAYLOR gibt an, dass ein Arzt in Folge des Genusses von einem halben Gran Strychnin gestorben sei und CHRISTISON hält diese Gabe für hinreichend, einen Menschen zu tödten, wenn sie in eine Wunde eingeführt worden [1]). Die ärztliche Erfahrung lehrt, dass $^{1}/_{4}$ Gran zu einem nicht tödtlichen Opisthotonus führen kann. Manche Kranke aber vertragen verhältnissmässig grosse Strychningaben von Anfang an oder in Folge anhaltenden und allmählig gesteigerten Gebrauches ohne Nachtheil.

§. 1216. Das zweite Alkaloid der Brechnuss, das Brucin, das auch in der falschen Angusturarinde (Brucea antidysenterica) vorkommt und hier zuerst 1819 von PELLETIER und CAVENTOU gefunden wurde, wirkt ähnlich, aber nach ANDRAL und MAGENDIE [2]) 12 bis mehr als 32 Mal schwächer, als das Strychnin. Während

---

[1]) CHRISTISON, Abhandlung über die Gifte. Weimar 1831. 8. S. 884. MÜNICH a. a. O. p. 9. VAN HASSELT, Handbuch der Giftlehre. Uebersetzt von HENKEL. Bd. I. Braunschweig 1862. 8. S. 261.

[2]) F. MAGENDIE, Vorschriften für die Bereitung und Anwendung einiger neuer Arzneimittel. Dritte Auflage. Leipzig 1824. 8. S. 11. und 81.

$^1/_5$ Gran Strychnin hinreichte, einen kräftigen Hund zu tödten, bekam ein ziemlich starkes Thier der Art, dem 4 Gran Brucin gegeben worden waren, heftige Starrkrämpfe, erholte sich aber später vollständig.

§. 1217. So empfindlich auch die grauen Massen des verlängerten Markes und des Rückenmarkes für die Einflüsse des Strychnins sind, so bilden sie doch nicht die einzigen Prüfungskörper, welche die Wirkungen dieses Alkaloides mit grosser Feinheit beantworten. Die dem Strychnin nicht ausschliesslich zukommende Otto'sche Reaction, eine blaue oder eine violette Färbung nach einem Zusatze von doppelt chromsauerem Kali bei Anwesenheit von viel Schwefelsäure zu liefern, und die Davy'sche, bei der man Kaliumeisencyanid oder Bleisuperoxyd statt des Kalichromats gebraucht, können noch $^1/_{60000}$ des Giftes verrathen. Kaliumbiiodid erzeugt nach De Vrij und von der Burg einen braunrothen und Quecksilberiodid einen weissen Niederschlag bei $^1/_{50000}$. Eine wässrige Strychninlösung, die $^1/_{650000}$ Strychnin enthält, erscheint noch bitter für ein empfindliches Geschmachswerkzeug. Erwägt man, dass $^1/_{18000}$ Gran oder ungefähr $^1/_{300}$ Milligramm des Giftes hinreicht, einen Frosch von 35 Grm. Körpergewicht in Starrkrämpfe verfallen zu lassen und nach einigen Stunden zu tödten, und $^1/_2$ Gran oder 32 Milligramm das Leben eines 60 Kilogramm schweren Menschen vernichten kann, so kann man mit Wahrscheinlichkeit annehmen, dass die Geschmacksnerven, die auch andere bittere Körper in eben so grossen Verdünnungen als das Strychnin erkennen, die Wirkungen sehr kleiner Gaben nicht mit dem Grade von Feinheit auffassen, wie die Ganglienkugeln des Rückenmarkes und besonders die des verlängerten Markes. Bedenkt man aber, dass die Empfänglichkeit der Geruchswerkzeuge für kleine Erregungsmengen viel grösser als die der Geschmacksorgane ist, so wird die beträchtliche Ausdehnung der Wirksamkeit des Strychnins weniger befremden.

§. 1218. Das reine Strychnin löst sich bei 10° C. in 6667 Theilen Wasser, das schwefelsauere dagegen schon in 10 Theilen und das Chlorwasserstoffstrychnin in noch weniger. Das essigsauere Strychnin ist ebenfalls leicht löslich. Man kann daher grössere Strychninmengen durch das gleiche Flüssigkeitsvolumen einführen, wenn man eine dieser Salzlösungen gebraucht. Sehr kleine Gaben erzeugen merkliche Wirkungen erst nach längerer Zeit. Mittlere und grössere stören um so nachdrücklicher, je rascher sie in das Blut übertreten.

Eine Katze, der PUCZNIEWSKI[1]) $2^1/_2$ Gran salpetersaueren Strychnins in die Drosselblutader gespritzt hatte, verfiel sogleich in Starrkrampf und starb nach wenigen Secunden. Ein Hund, in dessen Brusthöhle eine Strychninlösung gebracht wird, kann in weniger als einer halben Minute von dem tödtlichen Krampfanfalle ergriffen werden. Ordnet man die verschiedenen gewöhnlichen Einverleibungsorte des Giftes in aufsteigender Reihenfolge der Schnelligkeit und der Grösse ihres gewöhnlichen Einflusses, so erhält man für Säugethiere, Vögel und Frösche: die äussere Haut, der Magen, der Mastdarm, eine Hautwunde, also auch der endermatische Gebrauch, die Bindehaut des Auges, die Lungen[2]), die Berührung mit dem Rückenmarke während der Fortdauer des gewöhnlichen Blutlaufes und die Einspritzung in die Drosselvene in der Richtung nach dem Herzen hin.

§. 1219. Lässt man einen Gelähmten kleine Gaben von Strychnin brauchen, so verräth sich oft die Wirkung durch vorübergehende Zuckungen, die in den gelähmten Gliedern früher als in den gesunden aufzutreten pflegen. Dieses und die Starrkrämpfe bei tiefer greifenden Vergiftungen führten zu der Vorstellung, dass das Strychnin nur die Bewegungsthätigkeiten des Rückenmarkes stört. Man huldigte hierbei einer in doppelter Hinsicht allzuengen Auffassungsweise. Obgleich das Strychnin die grauen Bewegungserreger des centralen Nervensystemes vorzugsweise angreift, so lehren doch schon oft Kranke, die kleine Gaben dieses Mittels brauchen, dass sich auch andere Thätigkeiten ändern. Der Appetit wächst in der Regel im Anfange und nimmt später ab. Eine gewisse geistige Unruhe, eine grössere Empfänglichkeit für sonst gleichgültige Sinneseindrücke und Todesfurcht wurden bei durchgreifenderen Strychninwirkungen beobachtet. Verfolgt man die Vergiftungserscheinungen in Säugethieren, z. B. in Kaninchen genauer, so sieht man, dass sich die ersten Spuren der Wirkung nicht in den Muskeln der Gliedmaassen, sondern in denen der Athmungswerkzeuge verrathen. Die Athmung wird rascher. Die Bauchdecken betheiligen sich bei ihr in auffallender Weise. Bedenkt man überdiess, dass der Kinnbackenkrampf dem Starrkrampfe der Gliedmaassen in dem Menschen wie in den Säugethieren voranzugehen pflegt, dass also die Bewegungscentren der

[1]) L. PUCZNIEWSKI, De venenis praesertim Cantharidino, Strychnino, Atropino post intoxicationes in sanguine reperiundis. Dorpati 1858. 8. p. 27.

[2]) J. JEST, Jets over de Werking der Strychnine. Groningen 1858. 8. p. 3.

kleinen Abtheilung des dreigetheilten Nerven früher als die des Rückenmarkes ergriffen werden, so darf man behaupten, dass das mit dem Blute zugeführte Strychnin die Ganglienkugeln des centralen Nervensystemes überhaupt zu ändern sucht. Die fein wirkenden grauen Massen des verlängerten Markes verrathen den schädlichen Einfluss früher als die des Rückenmarkes. Sie können aber später als diese unterliegen. Die von dem Rückenmarke ausgehenden Krämpfe erlöschen daher oft eher als das Leben selbst. Man muss die oft aufgestellte Behauptung, dass das Strychnin zuerst auf das verlängerte Mark und später auf das Rückenmark wirkt, nach dem eben Dargestellten in anderer Weise, als dieses gewöhnlich geschieht, auffassen. Die Schnelligkeit, mit der sich die eingesogenen Körper in dem Blute vertheilen, und die Kürze einer jeden einmaligen Kreislaufsdauer führen zu dem Schlusse, dass kein merklicher Zeitunterschied zwischen dem ersten Augenblicke der Wirkung auf das verlängerte Mark und der auf das Rückenmark vorkommt. Wie die Unregelmässigkeiten der Athmung bei der Erstickungsgefahr früher als die Krämpfe in den Gliedmaassen auftreten, weil das verlängerte Mark zartere Störungen als das Rückenmark beantwortet, so wiederholt sich dasselbe für die Strychninwirkung. Das plötzliche Vorschiessen und das Schreien der Thiere unmittelbar vor dem ersten allgemeinen Krampfanfalle, das man nicht selten beobachtet, bilden wahrscheinlich ebenfalls nur Folgen der Erregung des verlängerten Markes. Die krankhafte Thätigkeit des Rückenmarkes greift aber später sichtlicher durch und kann daher auch durch Erschöpfung früher erlahmen. Da das Gift diejenigen grauen Massen, welche die Tast- und die Schmerzensempfindungen vermitteln, jedenfalls weniger ändert als die, welche die Bewegungen beherrschen, so wird hierdurch ein Unterschied in der Molecularzusammensetzung beider Arten von Substanzen angedeutet.

§. 1220. Wir haben schon §. 626. fgg. gesehen, dass die erhöhte Reflexempfänglichkeit des Rückenmarkes nach den verschiedensten Wirkungen auftritt und nur den Ausdruck der der Lähmung vorangehenden Beweglichkeit der Molecüle bildet. Es ist daher auch nicht gerechtfertigt, eine besondere Gruppe von Giften als Tetanica aufzustellen. Das Strychnin zeichnet sich nur dadurch aus, dass es jene grössere Reflexempfänglichkeit mit einer Leichtigkeit und einem Nachdrucke, wie kein anderes bis jetzt untersuchtes Gift erzeugt. Stellt man sich vor, dass die heftigen Bewegungsexplosionen, welche die schwächsten Empfindungserregungen hervorrufen, von

einer grösseren Beweglichkeit der grauen Massen herrühren, so darf man demgemäss annehmen, dass die Strychninpräparate die Ganglienkugeln mehr auflockern und die Theilchen derselben zu Ortsverrückungen und Schwingungen geneigter machen als alle anderen ähnlich wirkenden Verbindungen.

§. 1221. Hat man sehr kleine Mengen von Strychnin dem Magen oder dem Mastdarm eines Frosches einverleibt oder in dem das Thier umgebenden Wasser aufgelöst, so bemerkt man die erhöhte Reflexempfänglichkeit nach einer Reihe von Stunden und nicht selten erst an dem folgenden Tage. Sie wächst allmählig, kann länger als einen oder selbst mehrere Tage anhalten und schwindet in der Folge, ohne merkliche Krankheitsspuren zurückzulassen, weil wahrscheinlich das Gift mit dem Harn ausgeschieden wird. Ich stellte ein Mal einen Versuch der Art an einem Frosche an, dem ich $7^{1}/_{2}$ Monate früher die rechte Hälfte des verlängerten Markes durchschnitten hatte. Die Wunden der Haut und des Schädels waren vollständig geheilt. Der Körper blieb aber immer nach der gesunden Seite verkrümmt. Die Geneigtheit, in einem Bogen nach dieser zu springen, hatte sich ebenfalls, wenn auch nicht in so hohem Maasse wie unmittelbar nach der Verletzung, erhalten. Die Strychninkrämpfe streckten den Rumpf, doch nicht so gerade als in gesunden Fröschen.

§. 1222. Vergiftet man ein Säugethier mit mässigen Strychningaben, so bleibt es bisweilen zuerst ruhig, verräth aber eine gewisse Unbehaglichkeit, die nicht bloss von dem bitteren Geschmacke des Giftes herzurühren scheint. Es zeigt sich oft auffallend traurig und athmet etwas unregelmässiger und rascher. Man bemerkt häufig bald darauf einzelne von Wechselkrämpfen der Gesichtsmuskeln herrührende Bewegungen der Tasthaare, ein Zittern in den verschiedensten Muskeln des Kopfes oder anderer Körpertheile, seltener ein durch den beginnenden Kinnbackenkrampf bedingtes Zähneknirschen. Nimmt die Reizempfänglichkeit noch mehr zu, so schnellt das Thier plötzlich mit oder ohne einen Schrei auf, richtet sich oft steif empor, so dass die Beine gerade wie Stelzen werden und verfällt in einen Krampfanfall, der nicht selten die Muskeln des Rückens früher als die der Gliedmaassen befällt, so dass sich z. B. diese wie bei Fluchtversuchen bewegen, wenn schon der Opisthotonus den Rücken sichtlich ausgehöhlt hat. Schreitet die Vergiftung langsam fort, so vergeht der Anfall, ohne dass das Thier während desselben oder unmittelbar darauf umfällt. Die Athembewegungen

werden auffallend rascher und unregelmässiger und der Herzschlag ungleicher. Ein nächster bald darauf eintretender Krampfanfall ist heftiger als der frühere. Der Opisthotonus erzeugt jetzt eine starke Vertiefung des Rückens und führt den Kopf nach hinten. Der gleichzeitige Kinnbackenkrampf presst den Unterkiefer an die obere Kinnlade und der Starrkrampf der Gliedmaassen streckt diese gerade aus. Hält man dann das Kaninchen an einem Hinterbeine empor, so bleibt sein Körper wagerecht wie eine steife Holzmasse. Die Augen starren unbeweglich. Das Sehloch ist während des Anfalles erweitert und verengert sich in der Regel in den Zwischenpausen der Ruhe. Die Athmung wird immer beschwerlicher. Ein Theil der Athemmuskeln steht in Starrkrampf still, so dass sich nicht selten cyanotische Erscheinungen einfinden. Wechselkrämpfe, besonders der Gesichtsmuskeln beschliessen oft den Krampfanfall. Die der Gliedmaassen lösen bisweilen den Starrkrampf ab. Hat man den Unterleib geöffnet oder schimmern die Eingeweide desselben durch das blossgelegte Bauchfell durch, so sieht man, dass Darmbewegungen während der Krampfanfälle einzutreten oder sich dann, wenn sie schon vorhanden sind, zu verstärken pflegen. Die Reflexempfänglichkeit wächst zuerst allmählig bis zu ihrer grössten Höhe, so dass der geringste äussere Reiz, die kleinste Erschütterung, ja das blosse Sprechen des Beobachters einen Krampfanfall des Thieres hervorzurufen vermag. Man bemerkt dabei nicht selten ein periodisches An- und Abschwellen dieser übermässigen Reizbarkeit. Sie nimmt in der Folge und zwar um so eher ab, je häufiger sich die Krämpfe wiederholt haben. Oeftere künstliche Hautreize führen daher rascher zu Lähmungserscheinungen und hindern wahrscheinlich die Rückkehr zu dem Normalzustande, wenn diese noch möglich wäre. Das Thier stirbt in der Regel in einem Anfalle von Starrkrampf, dem Wechselkrämpfe nachfolgen. Die Lähmung des verlängerten Markes bildet die Todesursache. Die Zahl der Krampfanfälle hängt von der Schnelligkeit der Vergiftung ab. Es kommt daher bei grosser Geschwindigkeit derselben vor, dass der Tod schon während des ersten Anfalles eintritt, wenn man selbst nicht das Strychnin in das Blut gespritzt hat, dass das Kaninchen etwas ängstlicher athmet, umfällt und hierauf einen kurzen Starrkrampf und nachfolgende Wechselkrämpfe der Gliedmaassen im Verscheiden darbietet. Die Todtenstarre ergreift oft die erschöpften Muskeln später und mit geringerer Stärke. Sie liefert aber keine sicheren Kennzeichen der Strychninvergiftung.

§. 1223. Aehnliche Erscheinungen kehren in dem Menschen wieder. Der anhaltende Gebrauch kleiner Gaben kann ein periodisches Schwächegefühl, Ameisenlaufen, Ueberempfindlichkeit und Sinnestäuschungen ausser den schon §. 1219. erwähnten Empfindungsstörungen herbeiführen. Die Aenderung des Pulsschlages und die Vermehrung der Schweissbildung oder der Harnabsonderung, die man hin und wieder antraf, fehlen in vielen Fällen. Einzelne Zuckungen, zuerst in den gelähmten und dann in den gesunden Gliedmaassen, bezeichnen den Uebergang der ersten in die zweite Vergiftungsstufe.

§. 1224. Entwickelt sich diese bei mittleren bis grösseren Gaben langsamer, so können zuerst Gefühle der Einschnürung in dem Schlunde, dem Magen oder der Oberbauchgegend überhaupt, Unbehaglichkeit, Uebelkeit, Ekel, Schauerempfindungen, Sehnenhüpfen und Zähneknirschen bemerkt werden. Der Eindruck eines plötzlichen Schauers oder ein eigenthümliches Gefühl schmerzhaften Dahinschiessens, wie es ein elektrischer Schlag erzeugt, begleitet die hin und wieder rasch auftretenden allgemeinen Zuckungen. Nimmt hierauf die Reizempfänglichkeit zu, so führt die geringste Erregung eines Hautnerven zu einem Krampfanfalle, bei dem die Kinnlade heraufgezogen wird und daher das Oeffnen der Mundspalte, das Sprechen und das Schlucken gehindert bleiben, die starren Muskeln des Nackens den Kopf rückwärts ziehen, die des Rückens die Wirbelsäule nach hinten aushöhlen und die der Gliedmaassen diese steif strecken. Die oberen Extremitäten bleiben bisweilen länger verschont als die unteren. Die Athmung verlangsamt sich und stockt für Augenblicke gänzlich. Die einzelnen Abschnitte des Nahrungscanales und wahrscheinlich noch andere Unterleibseingeweide bewegen sich ebenfalls. Darmgase, Kothmassen oder Harn können auf diese Weise ausgetrieben werden und die Zusammenziehungen der Gebärmutter eine Fehlgeburt herbeiführen. Wollustgefühle, Steifung der Ruthe oder des Kitzlers wurden ebenfalls bemerkt. Die Klarheit des Bewusstseins erhält sich während und zwischen den einzelnen Krampfanfällen. Haben sich auch diese eine Reihe von Malen wiederholt und ist selbst ein cyanotischer Zustand während derselben in Folge der Athmungsstockung eingetreten, so kann doch der Mensch am Leben bleiben. Die Krampfanfälle verlieren sich dann. Sie nehmen dabei häufig an Stärke nach und nach ab. Wirkte das Strychnin nachdrücklicher ein, so bleiben Mattigkeit, Schwäche und Halblähmung in den Gliedern, Hautjucken und geistige Abgeschlagenheit eine Zeit lang zurück.

§. 1225. Sind grössere Giftmengen in das Blut übergegangen, so wird der Kranke unruhig und ängstlich. Er klagt über unangenehme Gefühle im Kopfe, in den Kaumuskeln, dem Nacken und den Gliedern. Alle bei mässigen Gaben vorkommenden Empfindungen können in verstärktem Maasse auftreten. Die Krampfanfälle zeichnen sich durch ihre Heftigkeit aus. Der blasse Kranke wirft sich in den Zwischenzeiten hin und her. Die Aengstlichkeit prägt sich in dem Gesichtsausdrucke, der Stimme, dem Wechsel des Begehrens, der Unzufriedenheit und der Bitte um Hilfe aus. Wie die Anfälle von Kinnbacken-, Rücken- und Gliederkrämpfen stärker werden, so stockt auch die Athmung immer mehr. Es bläuen sich die Theile, durch deren zarte Haut Blutgefässe schimmern. Schaum tritt bisweilen zum Munde heraus, kalter Schweiss quillt besonders am Gesichte hervor. Das stark erweiterte Sehloch antwortet nicht mehr auf Lichtreize der Netzhaut. Das Herz schlägt schwächer und unregelmässiger. Die Sinneseindrücke und das Bewusstsein verlieren an Klarheit. Ein solcher auch noch so heftiger Anfall kann sich wiederum beruhigen. Ein neuer nach Kurzem folgender tödtet in der Regel. Der Mensch stirbt seltener in der Zwischenzeit der Ruhe. Der Wechsel von Starrkrämpfen und Muskelerschlaffung wiederholte sich eine Reihe von Malen in der Mehrzahl der bis jetzt veröffentlichten, den Menschen betreffenden Strychninvergiftungen. Man darf aber nach den Erscheinungen, die man an Thieren beobachtet, erwarten, dass der Tod während der ersten Zuckungen einzutreten vermag. Die Vergiftungszeichen können sich schon nach einer oder nach wenigen Minuten verrathen und der Tod ihnen nach nicht ganz fünf Minuten oder nach einigen Stunden folgen. Ein Vergifteter, der sehr grosse Gaben von Opium bekam, starb nach Orfila erst nach 79 Stunden. Die Starrkrämpfe bewirken wahrscheinlich auch hier, dass die Wärme des Leichnames eine Zeit lang steigt und später heruntergeht (§. 950.).

§. 1226. Spritzt man eine Strychninlösung in die Schlagader eines abgelösten Gliedes eines Säugethieres, so wechselt desshalb die Empfänglichkeit der Nerven und der Muskeln nicht. Greift ihre freie Säure oder ihr Wasser nicht schädlich ein, so ändert ihre örtliche Anwendung weder die Reizbarkeit der Nerven oder der Muskeln, noch die Bewegungen der Flimmerhaare oder der Spermatozoiden. Hat man das Rückenmark eines Säugethieres zerstört, so fehlen die Strychninkrämpfe der Gliedmaassen und die lebhaften Darmbewegungen. Die eigenthümlichen Wirkungen des Giftes rühren

also nicht von den örtlichen Einflüssen auf die Nervenfasern oder die Ganglienkugeln des peripherischen Nervensystemes her.

§. 1227. Man erhält die Reflexkrämpfe in Fröschen, deren Gehirn man vor der Vergiftung entfernte. Die Ausrottung des verlängerten Markes führt zu denselben Erscheinungen bei nicht zu niederer Wärme der Umgebung. Hat man die hintere Rückenmarkshälfte eines Frosches oder eines Säugethieres zerstört, so erzeugt das Strychnin Krämpfe in den Vordertheilen des Körpers, nicht aber in den Hinterbeinen. Der eigenthümliche Einfluss desselben rührt also nur von dem verlängerten Marke und dem Rückenmarke her. Wurden die weissen Hinterstränge quer durchschnitten und in einer gewissen Längsstrecke losgetrennt und befeuchtet man ihre Oberfläche mit der Strychninlösung, so bleibt der Starrkrampf aus oder zeigt sich später als gewöhnlich, wenn die Diffusion die Flüssigkeit weiter in die Tiefe verbreitet. Theilt man das ganze Rückenmark der Quere nach und befeuchtet den Querschnitt oder den centralen Theil desselben mit der Strychninlösung, so erscheinen die Krämpfe nach nicht zu langer Zeit. Hat man die sämmtlichen hinteren Wurzeln der Rückenmarksnerven eines Frosches vor der Strychninvergiftung durchschnitten, so fehlen die Starrkrämpfe nach jeder Art von Hautreizen. Die Behauptung, dass sie auch in dem unversehrten Thiere ausbleiben, wenn man alle äusseren Erregungen vermeidet, ist nicht allgemein richtig, weil sie auch durch innere Reize, die z. B. den Darm treffen, reflectorisch erzeugt werden. Sind die hinteren Nervenwurzeln des Hinterbeines eines Frosches oder eines Säugethieres getrennt worden, so ruft ein auf die empfindungslosen Theile wirkender Druck keine allgemeinen Reflexkrämpfe hervor. Die Muskeln des kranken Gliedes betheiligen sich aber an den allgemeinen Starrkrämpfen, welche die Erregung irgend eines anderen empfindlichen Hautbezirkes herbeiführt.

§. 1228. Die von VAN DEEN und vorzugsweise von STILLING am Frosche angestellten Untersuchungen lehrten, dass sich die gewöhnlichen Gesetze der Reflexbewegungen auch nach den Strychninvergiftungen geltend machen. Hat ein vollständiger Querschnitt das Rückenmark an einer beliebigen Stelle in zwei Stücke gesondert, so betheiligen sich dessenungeachtet alle vier Gliedmaassen und die Athemmuskeln bei den Krampfanfällen. Zerstört man das Rückenmark bis auf einen nicht allzu kurzen, an einer beliebigen Stelle gelegenen Abschnitt und vergiftet hierauf den Frosch mit Strychnin, so befällt der Starrkrampf nur diejenigen Muskeln, die von dem un-

versehrten Rückenmarksstücke abhängen. Mann kann alle Einzelversuche, welche die Beziehungen der grauen Massen des Rückenmarkes zu den Bewegungserscheinungen klar machen, mit Erfolg wiederholen, wenn man die durch Strychnin bedingten Reflexkrämpfe zur Erläuterung benutzt.

§. 1229. Das Gift wird unter den gewöhnlichen Verhältnissen an irgend einer Körperstelle aufgesogen und dem centralen Nervensysteme in dem Blute zugeführt. Da die graue Masse reicher an Haargefässen, als die weisse ist, so empfängt sie auch eine verhältnissmässig grössere Strychninmenge. Der Mangel des Blutlaufes hebt aber die Vergiftung nicht nothwendiger Weise auf. Man kann noch die Starrkrämpfe in enthaupteten Fröschen erhalten, wenn man die hintere Querschnittsfläche des verlängerten Markes oder des Rückenmarkes oder die Hinterseite des letzteren mit einer Strychninlösung befeuchtet, nachdem man das Herz entfernt und so den Kreislauf unterdrückt hat. Das Gift hat eine um so längere Zeit zur Entfaltung seiner Wirkung nöthig, der Erfolg kann um so kleiner ausfallen und daher auch um so eher ausbleiben, je sorgfältiger die Blutgefässe, die zu dem Rückenmarke gehen, getrennt worden. Diese Erscheinungen haben einen doppelten Grund. Das Gift verbreitet sich durch die Diffusion langsamer, als durch den Kreislauf. Der Mangel der Blutbewegung ändert überdiess die Molecularbeschaffenheit der Ganglienkugeln. Man kann sich hieraus erklären, wesshalb BROWN-SÉQUARD und BONNEFIN die Starrkrämpfe ausbleiben sahen, wenn sie alle (zugänglichen) kleinen Schlagadern des Rückenmarkes unterbunden hatten und HARLEY zu demselben Ergebnisse gelangte, so wie er einen längeren Bezirk des Rückenmarkes der Frösche und der Kröten von allen Seiten getrennt und eine Lösung von essigsauerem Strychnin in eine Längsspalte des gesonderten Abschnittes eingeführt hatte. Die Vergiftungszeichen fehlten noch in dem zweiten Falle in Fröschen und Kröten nach zwei Stunden und in einer jungen Katze nach 22 Minuten. Hatte dagegen HARLEY die Aussenfläche der Schenkelblutader einer anderen Katze mit der Strychninlösung betupft, so fanden sich die Starrkrämpfe schon nach $^{7}/_{4}$ Minuten ein.

§. 1230. Wendet man das Strychnin auf eine blossgelegte Stelle des Rückenmarkes des Frosches nach der Entfernung des Herzens an, so sieht man bisweilen, dass sich die erhöhte Empfänglichkeit zuerst in den Muskelgruppen einfindet, deren Bewegungsnerven kurz vorher in die von dem Strychnin zunächst erreichten

Bezirke der grauen Massen eingetreten sind. Die gesonderten Wirkungen verrathen auch hier die schon unter regelrechten Verhältnissen kenntliche wechselseitige Unabhängigkeit der einzelnen Hauptgruppen der Ganglienkugeln des centralen Nervensystemes.

§. 1231. Aderlässe verzögern nach VIERORDT und KAUPP den Eintritt der Strychninkrämpfe in Kaninchen. Da dann mehr Lymphe und Ernährungsflüssigkeit in die Blutgefässe übertritt, so gelangt auch eine reichlichere Menge einer an irgend einer Körperstelle befindlichen Strychninlösung während einer Zeiteinheit in die Blutmasse. Es ist nicht wahrscheinlich, dass eine entsprechende Abnahme der Kreislaufsdauer diese stärkere Zufuhr des Giftes zu dem centralen Nervensysteme ausgleicht[1]). Das wässrigere oder überhaupt verdünntere Blut erzeugt vermuthlich den Unterschied. Man kann sich vorstellen, dass es die Ernährungsverhältnisse und daher auch die Molecularbeschaffenheit der Ganglienkugeln des Rückenmarkes so ändert, dass diese weniger empfänglich werden und die Starrkrämpfe daher erst bei grösseren Gaben oder, was hier das Gleiche ist, nach längerer Zeit zum Vorschein kommen.

§. 1232. HARLEY[2]) fand, dass Blut, dem eine kleine Quantität von Strychnin oder Brucin beigemengt worden, weniger Sauerstoff aus der umgebenden Luft aufnimmt und eine geringere Menge von Kohlensäure ausscheidet. Die Abnahme des allen Geweben nothwendigen Oxydationsprocesses reicht aber nicht hin, von den einzelnen Vergiftungserscheinungen Rechenschaft zu geben. Das Brucin, das viel schwächer wirkt (§. 1216.), lieferte überdiess fast die gleichen Störungen des Gaswechsels des Blutes, wie das Strychnin.

§. 1233. Man hat auch angenommen, dass nicht dieses Alkaloid an und für sich, sondern erst eine noch unbekannte Verbindung desselben mit dem Blute schädlich eingreift. Es beruhte auf einem Missverständnisse, wenn man desshalb die Möglichkeit der Starrkrämpfe bei blosser Anwendung des Strychnines auf das Rückenmark läugnete. Stossen auch die positiven Ergebnisse auf grössere Schwierigkeiten, nachdem der Blutlauf vollständig aufgehoben worden, so fehlen sie doch nicht in allen Fällen. Da aber immer die Nervenwurzeln unversehrt bleiben müssen und eine gewisse Blutmenge in

---

[1]) C. VIERORDT, Die Erscheinungen und Gesetze der Stromgeschwindigkeiten des Blutes. Frankfurt a/M. 1858. 8. S. 178.

[2]) G. HARLEY, On the direct Action of Strychnine upon the Spinal Cord. London 1856. 8. p. 10. 11.

den Haargefässen des Rückenmarkes zurückgehalten wird, so kann auch das Gelingen des Versuches nicht dagegen zeugen, das erst die Verbindung mit einem Bestandtheile des Blutes das Strychnin giftig mache. Die gegenwärtigen Erfahrungen reichen zu einem sicheren Beweise oder einer scharfen Widerlegung dieser Ansicht nicht hin.

§. 1234. Die Versuche, die man mit dem Blute vergifteter Thiere anstellt, können verschiedene Ergebnisse hier, wie bei anderen schädlichen Verbindungen geben. Man findet bisweilen, dass es Starrkrämpfe in einem zweiten Geschöpfe erzeugt. Das Gegentheil kommt aber ebenfalls vor, wenn selbst grössere Gaben einverleibt worden. Führte PUCZNIEWSKI das Blut des rechten Herzens und der unteren Hohlvene der §. 1218. erwähnten Katze, welche die Einspritzung von $2^1/_2$ Grm. Strychnin in die Drosselblutader nach wenigen Secunden getödtet hatte, in Frösche ein, so blieb die Vergiftung aus. Die Erklärung, dass die eingeführten Blutmengen zufälliger Weise kein Strychnin enthielten, hat die Erfahrung gegen sich, dass Blutproben von Thieren, die erst längere Zeit nach der Vergiftung gestorben sind, in denen also eine innigere Mischung Statt gefunden, anderen Thieren nicht nothwendiger Weise schaden. Wie das Eiweiss manche Reactionen unorganischer Körper verdeckt, so könnte hier etwas ähnliches für das Strychnin und einzelne Bestandtheile des zersetzten Blutes wiederkehren.

§. 1235. So häufig auch die Strychninkrämpfe mit dem grössten Nachdrucke und zu wiederholten Malen auftreten, so gibt es doch eine Reihe von Nebenbedingungen, die sie in hohem Grade herabsetzen oder gar nicht zum Vorschein kommen lassen. Man hat dieses zunächst bei manchen Temperaturverhältnissen. Die örtlichen thermischen Misshandlungen der Nerven (§. 1080 fgg.) zeigten uns, dass es einen niederen und einen höheren Wärmegrad gibt, bei dem die Nervenwirkungen ausbleiben, wenn sie auch noch nicht völlig unmöglich sind, sondern nach einem passenden Temperaturwechsel von Neuem zum Vorschein kommen. Diese Norm kann sich auch für das Rückenmark und das verlängerte Mark von Thieren, die mit Strychnin vergiftet worden, geltend machen. LONGET[1]) bemerkte, dass ein kleiner Abschnitt des Froschrückenmarkes in wärmerer Jahreszeit hinreichte, die Reflexkrämpfe des Strychnins hervorzurufen. Sie blieben dagegen in Winterfröschen aus, wenn

[1]) F. A. LONGET, Traité de Physiologie. Tome II. Paris 1850. 8. p. 113.

man nur das verlängerte Mark entfernt hatte. KUNDE[1]) sah, dass ein Frosch, der von Strychninkrämpfen ergriffen worden, sie bei einem anderen Wärmegrade verlieren und die gewöhnlichen Verhältnisse darbieten kann. Man hat z. B. den Starrkrampf nur bei 31° C., nicht aber bei 16° C., bei 16° C. und nicht bei 1° C. Hält man das Thier in einer Luft von 1° C. oder legt es auf Eis, so kann die Geneigtheit zu den Reflexkrämpfen länger als 14 Tage anhalten. Sie verliert sich in der Zwischenzeit in kürzester Frist, wenn man den Frosch in eine höhere Wärme versetzt und kehrt bei dem Aufenthalte in der Kälte abermals wieder. Hatte KUNDE zwei Katzen desselben Wurfes mit der gleichen Gabe von Strychnin vergiftet, so dass die Starrkrämpfe auftraten, so starb das eine Thier bald nachdem es in eine Wärme von 16° bis 19° C. gebracht worden. Das andere, das in einer solchen von 40° bis 45° C. verweilte, kehrte zu den regelrechten Verhältnissen nach Kurzem zurück. Die Gabe des Strychnins übte einen wesentlichen Einfluss auf diese Temperaturwirkungen aus. Bleibt sie klein, so beseitigt nach KUNDE die Wärmezufuhr den Starrkrampf, während ihn die Kälte hervorruft. Grössere Giftmengen führen zu der entgegengesetzten Beziehung.

§. 1236. Der elektrische Strom bildet ein zweites Mittel, die Strychninkrämpfe zu unterdrücken. KUNDE, VAN DEEN und ich konnten sie durch passende beständige Ströme oder die Schläge des Magnetelektromotors zum Schweigen bringen. Sie wiederholten sich aber nach dem Aufhören der elektrischen Wirkung.

§. 1237. Es wurde schon §. 1229. erwähnt, dass der Mangel des Blutlaufes den Eintritt der Vergiftungszeichen verlangsamt und die Stärke der Wirkung herabsetzt. Hatte KUNDE die Wirbelsäule eines Frosches geöffnet, einige Tropfen einer salpetersaueren Strychninlösung auf das Rückenmark gebracht und gleichzeitig das Herz zusammengedrückt, so erschienen keine Starrkrämpfe. Das Thier wurde aber von ihnen ergriffen, so wie man das Herz freigab. Waren sie schon in Folge der Strychninwirkung eingetreten, so konnte sie KUNDE durch das Zusammendrücken des Herzens beseitigen.

§. 1238. Hatte TODD einen Hund, ein Kaninchen oder ein Meerschweinchen mit Strychnin vergiftet, so hörten die Starrkrämpfe

---

[1]) KUNDE, Verhandlungen der physikalisch-medicinischen Gesellschaft in Würzburg. Bd. VIII. 1857. S. 175. 176., und Virchow's Archiv. 1860. Bd. XVIII. S. 357—360.

während der Aetherisation auf und kehrten nach derselben wieder. Man konnte den Versuch mehrere Male mit demselben Erfolge wiederholen und hierdurch das Leben des Thieres, wie es scheint, verlängern. Ich war noch im Stande, die erhöhte Reflexempfänglichkeit hervorzurufen, wenn ich Strychninlösungen in den Mastdarm ätherisirter Frösche einführte. Brachte MATKIEWICZ[1]) Kochsalzkrystalle auf die Durchschnittsfläche der Sehhügel von Fröschen, die mit Strychnin vergiftet worden, so verschwanden der Starrkrampf und die erhöhte Reflexempfänglichkeit in kurzer Zeit. Sie erschienen aber später wieder, wenn auch die Krystalle liegen blieben.

§. 1239. Eine Stufe der Lähmung folgt auf die der erhöhten Reizbarkeit bei den Strychninvergiftungen, wie bei vielen anderen Nervenwirkungen. Man beschleunigt den Eintritt der Erschöpfung, wenn man die Empfindungsnerven zur Zeit der wachsenden oder zu der der grössten Empfänglichkeit zu oft reizt. Sind aber die Ganglienkugeln von vorn herein aus irgend einem Grunde so beschaffen, dass sie leichter erlahmen, so können grosse Strychningaben schon mit dem ersten Krampfanfalle oder selbst ohne alle Starrkrämpfe tödten. Wenn im Allgemeinen kleine, junge oder schwächliche Säugethiere nach der Einführung mittlerer oder beträchtlicher Strychningaben in den Magen, den Mastdarm und besonders nach der Einspritzung in das Blut schneller unterliegen, so hängt dieses wahrscheinlich von der leichteren Zerstörbarkeit der für die Lebensthätigkeiten nöthigen Mischung ihrer Ganglienkugeln im Vergleich zu denen der älteren und kräftigeren Geschöpfe ab. Es wäre zu untersuchen, ob sich nicht etwas Aehnliches für Trunkenbolde, Opiumraucher oder Opiumesser und überhaupt für Menschen mit zerrüttetem Nervensysteme wiederholen kann. Die Entdecker des Strychnins, PELLETIER und CAVENTOU[2]) wussten schon, dass Opium oder Morphium die Wirkung des Giftes herabsetzt. Curare kann die Strychninkrämpfe in den Säugethieren beseitigen und eine vorhergehende Vergiftung mit verdünnter Blausäure das Auftreten derselben verhüten (§. 1208.). CHRISTISON betrachtet es als ein günstiges Zeichen, wenn ein Mensch, der ein Krähenaugenpräparat genommen hat, von keinen Starrkrämpfen in den ersten zwei Stunden befallen wird. Das Leben bleibt dann wahrscheinlicher Weise erhalten.

---

[1]) MATKIEWICZ in Henle und Pfeufer's Zeitschrift. Dritte Reihe. Bd. XXI. 1864. S. 256.

[2]) E. H. HARTUNG, De alcaloideis. Berolini 1827. 8. p. 57.

VAN HASSELT[1]) fand nur eine einzige Ausnahme bei dem Studium der in der Literatur verzeichneten Fälle. Der Starrkrampf trat hier sogar erst nach drei Stunden ein. Der Kranke war aber ein Opiumesser, in dem vielleicht der Einfluss der durch das Opium erzeugten Veränderungen die Wiederherstellung begünstigte. Die Beziehungen des Strychnins zu dem Curare und die oft behauptete Gegenwirkung beider werden uns bei der Betrachtung des Curare beschäftigen.

§. 1240. Die Erfahrungen, die ich dadurch gewann, dass ich die mittelst der elektrischen Erregung des Hüftnerven erzeugten Muskelcurven zu verschiedenen Zeiten der Strychninvergiftung aufschreiben liess, lehrten[2]), dass noch eine zweite Art von Bewegungsstörung, die stürmische Zuckung ausser der übergrossen Empfänglichkeit vorkommt. Sie verräth sich dadurch, dass die elektrische Reizung des mit dem Rückenmarke verbundenen Hüftnerven eine Reihe gesonderter Zusammenziehungen statt einer einzigen Schliessungszuckung, eine Anzahl wechselnder Erhebungen und Senkungen statt eines stetigen Emporsteigens der Muskelcurve oder eine rasche Vergrösserung der Hubhöhe, eine nachfolgende anhaltende Gleichheit der Verkürzungsgrösse und eine schnelle Erschlaffung oder endlich nur eine kurze Dauer der gesammten Zusammenziehung zur Folge hat. Diese Erscheinungen gehen häufig der übergrossen Reflexempfänglichkeit voraus. Ihre Stärke hat schon oft bedeutend abgenommen, wenn die Reflexkrämpfe am leichtesten auftreten. Diese können auch zum Vorschein kommen, ohne dass die Stufe der stürmischen Zuckungen vorangegangen ist. Die Letzteren zeigen sich nicht bloss nach der Oeffnung der Kette, wo sie den §. 1120. erwähnten Oeffnungsklonus bilden würden, sondern auch nach dem Schlusse derselben. Da die Strychninvergiftung die Norm des Zuckungsgesetzes des lebenden Nerven, also auch das Uebergewicht der Schliessungszuckung, so lange das Nervenmark nicht durchgreifender verändert worden, fortbestehen lässt, so ereignet es sich häufig, dass die stürmischen Zuckungen nur bei dem Schlusse und nicht bei der Oeffnung der Kette auftreten. Eine passende Abgleichungsgeschwindigkeit eines aufsteigenden Stromes erzeugte die Reflexkrämpfe leichter als die eines absteigenden. Dieselbe Norm gilt auch für die Hemmung derselben durch anhaltende

---

[1]) VAN HASSELT, a. a. O. S. 263.

[2]) Siehe das Nähere in: Die Zuckungsgesetze des lebenden Nerven. S. 126. 139. 140.

stärkere Ströme. Der elektrische Schlag, der den Hüftnerven trifft, kann gleichzeitig eine stärkere oder eine schwächere stürmische Zuckung in dem entsprechenden Hinterbeine und einen heftigen Anfall von Wechsel- oder Starrkrämpfen in dem der anderen Seite hervorrufen.

§. 1241. Vergiftet man einen Frosch mit einer unter die Rückenhaut gebrachten, nicht zu grossen Gabe von Strychnin, so stösst man zuerst auf einen Zeitraum, in dem die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Nervenerregung vergrössert erscheint. Sie sinkt später immer mehr mit der Abnahme der Empfänglichkeit. Die Dauer der latenten Reizung hatte schon in einem meiner Froschversuche um das Vierfache zugenommen, wenn noch Hautreize schwache Reflexbewegungen erzeugten.

2. Curare.

§. 1242. Wie die Pfeilgifte überhaupt mit der Mannichfaltigkeit der Wohnorte der Wilden und den ihnen zu Gebote stehenden Pflanzen oder Thieren wechseln, so scheint dieses besonders von derjenigen Gruppe derselben zu gelten, die man unter den Namen des Curare, Curari, Woorali, Urali, Woorara, Vorara, Woorary oder Urari im Handel kennt und von denen ein Theil zuerst 1595 von WALTER RALEIGH nach Europa gebracht wurde. Manche Forscher nehmen an, dass sich alle diese Benennungen auf ein und dasselbe Pfeilgift beziehen. Andere[1]) dagegen unterscheiden das zu physiologischen Versuchen gewöhnlich dienende Urari oder Woorara von einem anderen Curare oder Curara. Die Indianer brauchen für jenes das Wort Urari.

§. 1243. Während HUMBOLDT, MARTIUS und SCHOMBURGK das Curare von Esmeralda von Strychneen, dem Urari der Indianer oder Strychnos toxifera, dem Yakki oder Str. Schomburgkii, dem Arimaru oder Str. cogens und Str. Guyanensis und einigen nicht näher bestimmten Pflanzen herleiten[2]), gibt WATERTON an, dass zwei Arten von Ameisen und die Giftzähne von Schlangen für die Herstellung des Curare benutzt werden. GOUDOT erzählt, dass die menschenessenden Wilden an den Ufern des Orenoko, des Rio negro

[1]) VAN HASSELT-HENKEL, a. a. O. Bd. I. S. 278. 279.

[2]) Die der Rinde und des Bastes beraubten Sprossen von Strychnos toxifera werden nach SCHOMBURGK in verhältnissmässig grösster Menge genommen. Setzt man sie gleich Eins, so betragen die Quantitäten der hinzugefügten Str. Schomburgkii und cogens nur je $^1/_8$.

und des Amazonenstromes den Inhalt von Giftdrüsen von Schlangen in den eingedickten Saft der mit dem Namen Curari bezeichneten Liane tropfen. Das unter dem erregenden Einflusse der künstlichen Wärme reichlicher hervorquellende Absonderungserzeugniss der Haut einer Kröte bildet nach ROULIN eine Masse, die eingedickt und als Pfeilgift benutzt dieselben Einflüsse wie das Urari ausübt[1]). Das in neuerer Zeit zu physiologischen Versuchen und zur Heilung von Krankheiten gebrauchte Curare kam von Guyana oder von den Ufern des Amazonenstromes. Seine Wirkungen unterscheiden sich so sehr von denen des Strychnins, dass dieses, wenn es auch in ihm wegen des Gebrauches der Strychneen bei der Zubereitung vorkommt, die Erfolge nicht genügend erklärt. HEINTZ betrachtet einen gelben indifferenten Extractivstoff und BOUSSINGAULT und ROULIN, sowie PELLETIER und PETROZ das hornartige, blassgelbe und hygroskopische Curarin, das aber wahrscheinlich keinem scharf gesonderten organischen Stoffe entspricht, als den wirksamen Bestandtheil des Urari.

§. 1244. Ein von einem gewöhnlichen Curarepfeile getroffenes Thier sinkt nach Kurzem zusammen und stirbt nach wenigen Secunden oder Minuten. Die Wilden verzehren sein Fleisch ohne Nachtheil. Sie schneiden höchstens den Bezirk der Verwundungsstelle aus. Es gibt aber auch schwächer wirkende Pfeile (Destemplado), die nur gebraucht werden, Affen und kleinere Thiere des Fanges wegen zu betäuben.

§. 1245. Bringt man Curare unter die Haut eines Säugethieres, eines Vogels oder eines Frosches, so stirbt das Thier rasch, selbst bei dem Gebrauche sehr kleiner Gaben. Diese müssen hingegen viel bedeutender ausfallen, wenn das Gift nach der Einführung in den Magen tödten soll. Manche Menschen sollen sich auch an den täglichen Genuss einer Curarepille ohne Schaden gewöhnen können. Man muss sich jedoch hüten, allgemeine Regeln über die Flächen, welche ein Gift zurückweisen, aufstellen zu wollen, weil die Durchgangsfähigkeit einer thierischen Haut oder deren Gegentheil von der augenblicklichen Mischung derselben und den Körpern, welche die schädliche Masse einhüllen, wesentlich abhängt. BERNARD und PELOUZE fanden nicht bloss den Magen, sondern auch die Bindehaut,

[1]) Vgl. CLAPARÈDE, Archives des sciences physiques et naturelles. Nouvelle Période. Tome III. 1858. p. 25—30. VAN HASSELT-HENKEL, a. a. O. Bd. I. S. 277. und 281. A. DIEU, Histoire du Curare. Strasbourg 1863. 4. p. 1—11. und p. 40—42.

die Schleimhäute der Nase und der Harnblase von Hunden unwirksam oder stiessen wenigstens auf ein sehr träges Aufsaugungsvermögen derselben. Das Curare tödtete dagegen rascher durch den Mastdarm und sehr schnell durch die Lungen. Viele andere Forscher dagegen und selbst BERNARD in seinen späteren Versuchen sahen kraftvolle Vergiftungswirkungen nach der Einführung in den Magen. Die Vermittelung aller übrigen genannten Organe kann ebenfalls zum Tode führen. Die Aufnahme durch die Haut hängt von der Grösse ihres Durchdringungsvermögens ab. Ein Curarebad tödtet daher rascher bei dünner als bei dickerer Oberhaut.

§. 1246. Die Thiere sterben ohne Krämpfe und ohne ein äusserlich kenntliches Zeichen von Aufregung. Die willkürlichen und die Athembewegungen verlieren sich früher als die Thätigkeit des Blutgefässherzens. Elektrische Schläge oder andere Reize, die das Rückenmark oder die Stämme der Bewegungsnerven treffen, führen nicht mehr zu Muskelverkürzungen. Leitet man dagegen einen elektrischen Strom durch die Muskelmasse selbst, so erhält man jene eigenthümliche, schon §. 128. angegebene Art der Zusammenziehung. Die Muskeln verkürzen sich zuletzt nur an der Anspruchsstelle örtlich und langsam und erlahmen endlich gänzlich. BERNARD hielt diesen Gang der Erscheinungen für einen Beweis der Haller'schen Reizbarkeit. KOELLIKER, PELIKAN und VULPIAN traten dieser Ansicht bei, während sie ECKHARD, HOPPE, HABER und SCHIFF zu widerlegen suchten.

§. 1247. Da die Nerven in centrifugaler Richtung abzusterben pflegen, so liegt die Annahme nahe, die Reihenfolge des Empfänglichkeitsverlustes von diesem Umstande herzuleiten. Hebt das Curare die Nerventhätigkeit nach jener Norm auf, so muss die Leistungsfähigkeit der Nervenstämme früher als die der Muskelmassen verloren gehen. BERNARD, KOELLIKER und die späteren Forscher stiessen jedoch auf eine Erscheinung, die man gegen diese Auffassungsweise gedeutet hat. Sind auch die Bewegungsfasern eines gemischten Nervenstammes gelähmt, so kann doch noch die Empfindungsthätigkeit fortdauern. Hat man ein Glied oder auch nur einen Muskel vor den raschen Wirkungen des Giftes durch die Unterbindung der zuführenden Blutgefässe geschützt, so verfällt die leistungsfähige Muskelmasse in Reflexverkürzungen, wenn man die Haut eines Theiles anspricht, dessen Bewegungsnerven vollkommen gelähmt sind, dessen Muskeln aber noch den unmittelbaren Durchfluss der elektrischen Ströme mit Zusammenziehungen beantworten.

Ein Frosch, dessen Aorta unterbunden und der hierauf mit Curare vergiftet worden, kann daher noch Schwimmversuche nach einem Drucke auf die Zehen machen, wenn er auch schon seine Vorderbeine nicht mehr zu beherrschen im Stande ist. Ein Hund fühlt noch Eindrücke, die seine Haut treffen, wenn schon der Wille seine Glieder- und seine Augenmuskeln nicht mehr beherrscht. Man schloss hieraus, dass die in den Muskeln befindlichen Nervenenden zuerst gelähmt werden und der Thätigkeitsverlust nicht wie sonst centrifugal, sondern centripetal fortschreitet. Verkürzen sich aber noch die Muskelmassen, deren Nervenenden ihre Wirksamkeit verloren haben, so liege hierin ein unmittelbarer Beweis der Haller'schen Reizbarkeit. Viele Erfahrungen deuten an, keine jedoch beweist unzweifelhaft, dass eine solche Eigenschaft den Muskeln zukommt. Wir haben schon §. 104. eine Vermuthung über die Wirksamkeit derselben bei der Zusammenziehung ausgesprochen. Die Curareversuche geben aber nicht einmal die verhältnissmässig sichersten Anhaltspunkte für jene Auffassungsweise.

§. 1248. Hatte ich einen sehr kleinen Curaresplitter auf die Querschnittsfläche des getrennten verlängerten Markes eines Frosches, dessen Hirn vorher zerstört worden, gebracht, so zeigte sich ein erster kurzer Zeitraum vermehrter Erregbarkeit. Ein einmaliger äusserer Reiz rief eine Reihe stürmischer Zuckungen hervor. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Nervenerregung hatte in geringem Grade und die Dauer der verborgenen Erregung stärker zugenommen. Die Uebersetzung der Nerventhätigkeit in Muskelverkürzung verlangsamte sich also in diesem Falle, während sich die den Lebensthätigkeiten entsprechende Unruhe von einem Marktheilchen zum anderen rascher mittheilte (§. 391.). Die spätere, gewöhnlich bemerkte Wirkung besteht in einer Abnahme der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Nervenerregung, die natürlich auf Null sinkt, wenn die Nerven wirkungslos werden. Ist dieses der Fall, so können sich noch die der lebendigen Mischung entsprechenden elektromotorischen Eigenschaften mit grossem Nachdrucke am Galvanometer geltend machen (§. 246.). FUNKE fand sogar die negative Schwankung des Nervenstromes nach 24 Stunden kraftvoller als gewöhnlich. Der Unterschied der elektrischen Wirksamkeit und der Lebensthätigkeiten (§. 256. fgg.) wiederholt sich für die Bewegungs- und für die Empfindungsfasern. Die Annahme, dass das Curare nur die Wirkungen der Nervenstämme, nicht aber die der Muskeln beeinträchtige, hat die Thatsache gegen sich, dass

auch diese ihre Kräfte, wenn auch viel später als jene einbüssen (§. 1246.).

§. 1249. Denkt man sich, dass das Gift den inneren und den äusseren Leitungswiderstand der Nervenerregung (§. 207.) oder diesen allein vergrössert, so muss ein Zeitpunkt eintreten, zu welchem die Zusammenziehung bei einem irgend grossen Abstande der Reizungsstelle des Nerven von der Muskelmasse ausbleibt und nur die Ansprache von dieser Verkürzungen herbeiführt. Können dann noch die Hautnerven Reflexbewegungen der nicht gelähmten Theile und daher auch wahrscheinlich Empfindungen hervorrufen, so wiederholt sich hierbei nur die schon §. 199. erläuterte feinere Wirkung der Empfindungs- als der Bewegungsfasern. Greift die von dem Curare erzeugte Störung tiefer durch, so vergrössert sich wahrscheinlich der Leitungswiderstand der Nerven so sehr, dass viele ihrer in dem Muskel verlaufenden Fasern nicht mehr antworten. Schweigt zuletzt die Muskelmasse gänzlich, so lässt sich dieses für oder gegen die Haller'sche Reizbarkeit gleich anderen ähnlichen Erfahrungen deuten. Man weiss eben nicht, ob der Wirkungsmangel erst dann auftritt, wenn die Muskelfasern selbst ihre Kräfte verloren haben oder schon früher erscheint, sowie alle in ihr enthaltenen Nervenelemente unthätig wurden.

§. 1250. Liess ich die Verkürzungscurven des Wadenmuskels von Fröschen aufschreiben, unter deren Rückenhaut grössere Curaremengen als bei dem §. 1248. erwähnten Thiere gebracht worden, so verrieth die Reizung des Hüftgeflechtes oder des Hüftnerven kein Zeichen erhöhter Empfänglichkeit oder stürmischer Zuckungen vor dem Ende der Lebensleistungen. Das Zuckungsgesetz des lebenden Nerven (§. 139.) erhielt sich bis zu dem Eintritte der Unthätigkeit. Der Oeffnungsinductionsschlag wirkte, wie gewöhnlich, stärker als der Schliessungsschlag. Leitete man den galvanischen Strom durch die Muskelmasse, so dass die §. 128. erwähnten eigenthümlichen Zusammenziehungen zum Vorschein kamen, so lieferte im Allgemeinen die absteigende Stromesrichtung grössere Hubhöhen als die aufsteigende. Hatte jene die Muskeln $1^1/_2$ Minuten lang durchsetzt, so blieben die Verkürzungen aus, wenn man einen Strom von derselben Stärke und der gleichen Richtung schloss oder öffnete. Ein entgegengesetzt gerichteter Strom dagegen führte zu lebhaften Zusammenziehungen. Diese Voltaische Abwechselung (§. 1121.) kann sich bis zu den schwächsten Empfänglichkeitsgraden geltend machen.

§. 1251. Die Temperatur übt einen wesentlichen Einfluss auf die Curarewirkungen aus. Arbeitete KOELLIKER das eine Mal in einer Luft von 21 bis 22½ ⁰ C. und ein anderes Mal in einer solchen von 6 bis 7½ ⁰ C., so zeigte sich, dass sich im Allgemeinen die unmittelbare Reizbarkeit der Nervenstämme und die Möglichkeit der Reflexbewegungen in der Kälte länger als in der Wärme erhielten. Die Bewegung des Blutes macht ihren Einfluss nachdrücklich geltend. Frösche, deren Herz entfernt worden, unterliegen nach HOPPE selbst grösseren Gaben weit später als andere, deren Kreislauf fortbesteht. Der Unterschied mangelt nicht (§. 1229.), wenn man selbst das Gift unmittelbar auf das Gehirn oder das Rückenmark gebracht hat. Die blosse Verlangsamung des Blutstromes verzögert und schwächt oft die Wirkung in merklichem Grade. Hat man den Hüftnerven durchschnitten, so wird der peripherische Theil desselben bei der allgemeinen Vergiftung des Thieres ebenfalls gelähmt, zum Beweise, dass das Curare nicht wie das Strychnin nur auf die grauen Massen des Rückenmarkes (§. 1226.), sondern auch auf das Mark der peripherischen Nervenfasern wirkt. Diesem entsprechend verlieren auch der Nerv und die Muskeln eines galvanischen Froschpräparates ihre lebendigen Leistungen, nachdem man das Ganze in eine Curarelösung gebracht hat. Die Wirkung tritt nur langsamer als nach der allgemeinen Vergiftung ein. Taucht man die hintere Körperhälfte eines lebenden Frosches in eine Curarelösung, so können sich alle Vergiftungserscheinungen entwickeln. Die Haut der Säugethiere und der Vögel dagegen soll nach BERNARD in dem gleichen Falle nicht durchdrungen werden (§. 1245.).

§. 1252. Die Indianer führen quälenden Durst als ein Hauptzeichen der Vergiftung des Menschen an. Hatte SCHOMBURGK eine Gabe Curare statt des Chinins als Fiebermittel genommen, so stellte sich ein eigenthümliches Kopfweh ein. BERNARD konnte keine Vergiftung nach dem Einträufeln einer Curarelösung in den Bindehautsack der Säugethiere bemerken (§. 1245.). Als ich einmal ein Kaninchen durch diese Anwendungsart des Giftes rasch getödtet hatte, spritzte mir bei dieser Gelegenheit eine grössere Menge der Lösung in das Auge. Schwindel, Schwarzsehen und ein eigenthümliches, von dem gewöhnlichen Kopfweh abweichendes, beengendes, das Denken störendes Gefühl, das mehrere Stunden trotz der Bewegung im Freien anhielt, stellten sich bald ein. Ein nicht unbedeutender Grad von Athemnoth, der mir das raschere Gehen unmöglich machte und mich zum Stillstehen, nachdem ich einige Stufen gestiegen war,

nöthigte, Mattigkeit der Glieder und vermehrter Durst zeigten sich in der ersten Stunde nach der Vergiftung. Ein hoher Grad von Gesichtsblässe, der fremden, mit der Sachlage nicht bekannten Personen auffiel, hielt den ganzen Tag an. Der Nachtschlaf stellte mich wiederum vollkommen her.

§. 1253. Vergiftet man Frösche mit Curare, das man unter die Haut gebracht hat, so stehen die Lymphherzen nach Kurzem still, während das Blutgefässherz lange und oft noch in dem todten Thiere fortklopft. Die Zahl seiner Schläge kann selbst im Anfange zunehmen. Der Versuch, die Bewegungen durch die Vagusreizung aufzuheben, gelingt noch bisweilen nach dem Tode. Die Zähigkeit der Fortdauer der Thätigkeit des Blutgefässherzens bewährt sich auch in den Säugethieren. Der Puls wird aber oft bei geringen Gaben zuerst häufiger, nach stärkeren Vergiftungen dagegen unregelmässig und sparsamer. Die Kraft der Herzschläge nimmt ab. Lassen die Muskeln der Gliedmaassen Reize, welche die Stämme ihrer Bewegungsnerven oder das Rückenmark treffen, unbeantwortet, so kann es noch gelingen, den Schlag des Blutgefässherzens durch die Tetanisation des herumschweifenden Nerven zu hemmen und die Menge der Pulsschläge durch die des sympathischen Nerven oder der ihm entsprechenden Centraltheile zu vergrössern. Diese zweite Wirkungsart scheint hierauf später als die erste abzusterben. Die Herzbewegungen dauern aber immer noch fort, wenn schon die Reizung der genannten Nervenstämme erfolglos bleibt. BEZOLD fand, dass geringe Gaben von Curare, die zur Lähmung der willkürlichen Muskeln hinreichen, die Leitungsfähigkeit der Herznerven und den Erregungszustand ihrer Centralwerkzeuge nahezu unverändert lassen. Grössere erhöhen die Wirkungen der in dem Gehirn liegenden, die Herzbewegungen anregenden Gebilde und in geringerem Maasse die in dem Herzen selbst befindlichen Nervenmassen. Die stärksten Giftmengen lähmen nach ihm zuerst die Herzzweige des herumschweifenden Nerven, dann die des sympathischen Stammes und endlich die in dem Herzen selbst liegenden Nervengebilde.

§. 1254. Das Herz ist nicht der einzige mit quergestreiften Fasern versehene Theil, dessen Thätigkeit länger als die der Verkürzungsgebilde der Gliedmaassen und der äusseren zur Athmung dienenden Muskelmassen anhält. VIRCHOW, MÜNTER und VAN HASSELT haben schon die lange Dauer der Beweglichkeit des Zwerchfelles hervorgehoben. VULPIAN fand, dass die künstliche Athmung das Spiel desselben nur für kurze Zeit im Hunde herstellt.

Es kann dagegen mehr als zwei Stunden in der Wanderratte unter den gleichen Verhältnissen fortdauern. Der Zwerchfellnerv bewahrt seine Reizbarkeit, nachdem die der übrigen freien Nervenstämme längst verloren gegangen. Die Zähigkeit der Zwerchfellbewegungen bewährt sich auch in gesunden Thieren. Sie setzen sich oft von selbst nach dem Tode fort. Da der Zwerchfellnerv, wenn man von dem jenseit des Zwerchfelles des Menschen an der rechten, nicht aber an der linken Seite vorkommenden Ganglion diaphragmaticum absieht, keine anderen Knotenbeziehungen als die übrigen Rückenmarksnerven hat, so können wiederum die eben erwähnten Thatsachen gegen die Vorstellung, dass nur die Ganglien die automatischen rhythmischen Bewegungen möglich machen, von Neuem zeigen.

§. 1255. Das Curare wirkt auf die einfachen Muskelmassen später als auf die quergestreiften. Man erhält noch die gewöhnlichen Wurmbewegungen des Dünndarmes eines durch dasselbe getödteten Kaninchens nach der Eröffnung der Unterleibshöhle, wenn schon der Hüftnerv elektrische Reize gar nicht und der Wadenmuskel dieselben nur schwach beantworten. Hatten ECKHARD und MARTIN das Gift in die Drosselblutader gespritzt, so fanden sie nur, dass ein auf eine Darmschlinge ausgeübter Druck oder die Zerrung derselben eine örtliche, sich an den beiderseitigen Nachbarstellen wiederholende Zusammenziehung leichter als sonst hervorrief. KOELLIKER glaubt bemerkt zu haben, dass die hemmende Wirkung, welche der Eingeweidenerv auf die Darmbewegungen ausübt, nach der Curarevergiftung wegfällt. Die Harnblase und die Harnleiter können sich ebenfalls noch bewegen, wenn die elektrische Reizung nur noch schwache Zusammenziehungen in den rothen Körpermuskeln erzeugt. Hat man die Aorta des Frosches vor der Vergiftung unterbunden, so können nach BERNARD die Muskeln der Vorderbeine ihre Reizbarkeit länger bewahren als die der hinteren Gliedmaassen.

§. 1256. Belladonna oder Atropin erweitern nach VULPIAN das Sehloch des Auges nicht mehr, wenn noch die galvanische Erregung auf die Regenbogenhaut wirkt. Hat man den einen Grenzstrang des sympathischen Nerven am Halse durchschnitten, so findet man nach PELIKAN nach dem Tode des Thieres das Sehloch der kranken Seite weniger erweitert als das der gesunden. Bleibt die Regenbogenhaut unverändert, wenn man den oberen Abschnitt des Halssympathicus elektrisch reizt, so bemerkt man noch nach VULPIAN die rhythmischen Verengerungen und Erweiterungen der Ohrgefässe

des Kaninchens (§. 955.). BERNARD sah die Wärmezunahme im Ohre (§. 964.) nach der Sympathicustrennung ausbleiben, wenn er vorher das Kaninchen mit Curare vergiftet hatte.

§. 1257. Die vorzüglichste Todesursache liegt in der durch das Curare erzeugten Athmungslähmung. Die äusseren Athemmuskeln stehen zuerst still. Das Zwerchfell folgt später nach. Das Blut, das sich sonst unter dem Einflusse des Sauerstoffes in gewöhnlicher Weise röthete, wird wie bei jeder Erstickung dunkel. Die Muskeln erhalten bisweilen eine eigenthümliche purpurrothe Färbung. Leitet man die künstliche Athmung ein, so belebt sich der Herzschlag. Das Blut wird wiederum hellroth und alle Lebensthätigkeiten, die Empfänglichkeit der Nerven und der rothen Körpermuskeln können zurückkehren, wenn man die Luft lange genug in die Lungen einführt. BRODIE[1]) und später VIRCHOW, MÜNTER, WATERTON und RICHTER stellten hierdurch Katzen und Hunde, die durch Curare scheintodt gemacht worden, her. Hat der Arzt einen Fall von Curarevergiftung, in dem schon die Athembewegungen zu stocken anfangen, so darf er sich nicht auf die unzureichenden gewöhnlichen Hilfsmittel der Einleitung der künstlichen Athmung bei unversehrtem Körper beschränken. Er muss vielmehr von dem §. 1272. angegebenen Galvanisationsverfahren mit tief eingestochenen Elektrodennadeln Gebrauch machen oder eine Canüle in der geöffneten Luftröhre befestigen und die künstliche Athmung, am besten mit einem doppelten Blasebalge, der entgegengesetzt spielende Ventile hat, einleiten. Selbst der vollkommenste Scheintod und ein nicht mehr fühlbarer Herzschlag dürfen von solchen Rettungsversuchen nicht abhalten. Da die Thiere selbst in diesem Falle genesen können, so unterliegt es keinem Zweifel, dass sich das Gleiche für den Menschen wiederholen wird.

§. 1258. Der Zusatz einer Mischung von unterchlorsaurem Natron und etwas Salzsäure, die Chlor entbindet, der von Brom, Iod oder Iodkalium zu Curare, soll die Wirkungen desselben aufheben oder bedeutend verzögern. Das Ausbrennen der Wunde eines mit Curare vergifteten Pfeiles, die Unterbindung oder die Ablösung eines getroffenen Gliedes könnte natürlich nur in der ersten Zeit nützen.

§. 1259. VIRCHOW, HARLEY, VELLA, VULPIAN und viele spätere Forscher bemühten sich, durch ihre Thierversuche zu er-

1) BRODIE, Philosophical Transactions. 1812. P. I. p. 207. 208.

mitteln, ob man das Curare als ein Gegengift des Strychnins betrachten darf oder nicht. RICHTER konnte Hunde, die mit starken Strychningaben vergiftet worden, vollkommen wiederherstellen, wenn er ihnen Curare verabreichte und hierauf die künstliche Athmung bis zur Ausscheidung der Gifte unterhielt. Die Wiederholung dieses Verfahrens im Menschen würde vermuthlich denselben glücklichen Erfolg in Einzelfällen haben. Wollen wir uns aber die Beziehungen der beiden Gifte klar machen, so müssen wir bedenken, dass das Strychnin nicht durch die Starrkrämpfe, sondern durch die Lähmung des verlängerten Markes tödtet. Geringe Curaregaben können die lästigen Krampfanfälle mildern oder beseitigen, indem sie die Thätigkeit der Bewegungsfasern früher als die der Empfindungsnerven herabsetzen. Sie werden in dieser Hinsicht vielleicht besser als die Betäubung durch Chloroform, der innere Gebrauch von Opium oder die subcutane Anwendung von Morphin wirken. Greift aber der Einfluss des Curare tiefer durch, so lähmt es die Athmungsthätigkeit, wenn auch vielleicht nicht auf demselben Wege wie das Strychnin. Alles hängt daher davon ab, ob die zu Hilfe gezogene künstliche Athmung die natürliche ersetzen kann, bis der Urin die schädlichen Giftmengen aus dem Körper entfernt hat. Es versteht sich aber von selbst, dass der Strychnin kein Gegengift gegen Curare bilden kann.

§. 1260. Diese Auffassungsweise erklärt auch den Nutzen, den der Curaregebrauch bei den verschiedenen Arten des Starrkrampfes zu gewähren im Stande ist. Es beruhigt möglicher Weise die Anfälle. Die Heilung wird aber nur dann zu Stande kommen, wenn sich mittlerweile die Erregungsursache während der Ruhe gelegt hat. Die Empfehlung des Curare gegen Veitstanz, fallende Sucht oder Wasserscheu muss von demselben Gesichtspunkte beurtheilt werden. Ueber den Nutzen gegen Wechselfieber kann nur die ärztliche Erfahrung entscheiden.

§. 1261. Da Blut, dem Curare beigemengt worden, eben so viel Sauerstoff als ohne diese Beimischung nach BERNARD aufnimmt, so wird der Verbrennungsprocess des Körpers an und für sich durch das Gift nicht gestört. Er leidet erst, wenn die Stockung der Athmung die Röthung des Blutes beseitigt. Die frühere Lähmung der Bewegungsnerven rührt von einer unmittelbaren Aenderung der Molecularbeschaffenheit des Markes her.

§. 1262. Alle Wirkungen des Curare kommen dem reinen Curarin, nicht aber dem gerbsauren, das durch Tannin aus einer

Curarelösung niedergeschlagen worden, nach PELIKAN zu. Führte dieser Curare und Tannin in eine Wunde gleichzeitig ein, so verriethen sich auf der Stelle die Vergiftungszeichen.

3. Antiar, andere Pfeilgifte und Tanghinia.

§. 1263. Der zu den Urticeen gehörende makassarische Giftbaum, der Bohon Upas der Malaien, die Arbor toxicaria von RUMPH oder die Antiaris toxicaria von LESCHENAULT [1]) lässt einen giftigen Saft aus den Verwundungsstellen der Rinde ausfliessen. Die Eingeborenen auf Java, Borneo, Celebes und den anderen Inseln des indischen Archipels benutzen ihn als Pfeilgift, als Upas antjar. Es ist die einzige Masse der Art, die man nicht durch Kochen bereitet, sondern an der Sonne eindichtet. Der sehr bittere, undurchsichtige und schmutzig graugelbe Saft wird bei dem Eindampfen braungelb, rothbraun bis schwarz. Das Mikroskop zeigt eine grosse Menge rundlicher Körperchen innerhalb einer Grundflüssigkeit. MULDER stellte aus ihm eine weisse krystallinische Masse, das Antiarin, dar. Die Giftwirkung rührt von diesem Stoffe her. Weniger als 2 Milligramm können ein Kaninchen und $^{1}/_{300}$ Milligramm einen Frosch tödten, wenn sie unter die Haut gebracht worden. Gerbsäure schlägt das Antiarin aus seiner Lösung nicht nieder. Der schon bei dem Curare (§. 1245.) erwähnte Fall, dass die Einführung in den Magen grössere Gaben für die tödtlichen Wirkungen fordert, kehrt auch hier wieder. Die Einspritzung in das Blut tödtet wiederum rascher als die Einverleibung des Giftes in einer Wunde und diese schneller als die Aufsaugung durch seröse oder Schleimhäute. Ein Kaninchen, in dem ich die beiden herumschweifenden Nerven am Halse durchschnitten und hierauf eine Luftröhrenfistel angelegt hatte, überlebte die Einführung einer ziemlich grossen Menge von Antiarsaft mehr als eine Viertelstunde. Es starb dann in weniger als einer halben Minute, nachdem man ein paar Tropfen Blausäure in den Bindehautsack des Auges gebracht hatte.

§. 1264. Die Angabe, dass der Giftbaum Menschen und Thiere durch seine Ausdünstung tödte, widerlegt sich dadurch, dass sich nicht selten Raubvögel in seiner Krone aufhalten und Menschen den Gipfel desselben ohne weiteren Nachtheil als den, welchen höchstens

---

[1]) Das Geschichtliche siehe bei J. SCHNELL, Diss. sistens historiam veneni Upas antiar nec non experimenta et ratiocinia quendam de effectibus illius. Tubingae 1815.

die chemische reizende Wirkung des etwa ausgetretenen Saftes verursachte, bestiegen haben. Als ich diesen mehrere Male bis zum festen Rückstande in höherer Wärme verdampfte, athmete ich die austretenden Dämpfe absichtlich ein. Ich habe dabei nie irgend ein Vergiftungszeichen bemerkt.

§. 1265. Ein Frosch, dem man eine kleine Gabe des Antiarsaftes unter die Rückenhaut gebracht hat, stirbt in der Regel ohne Krämpfe. Säugethiere und Vögel liefern stürmischere Erscheinungen. Die Athmung und der Herzschlag von Hunden, Katzen und Kaninchen beschleunigen sich. Zusammenschrecken oder Zeichen des Schauers, Würgen, Erbrechen, Koth- und bisweilen Harnentleerung, Athembeschwerden und daher weites Oeffnen des Mundes bei dem Einathmen, Muskelschwäche, Wechsel- oder Starrkrämpfe und endlich Stockung der Athmungs- und der Herzthätigkeit gehen dem Tode voran.

§. 1266. Hatte ich den Saft des Antiar unter die Haut eines Frosches gebracht, deren Muskelcurven ich aufzeichnen liess, so zeigte sich kein Merkmal erhöhter Reizbarkeit zu irgend einer Zeit. Die Oeffnungszuckungen fielen eine Zeit lang stärker als die Schliessungszuckungen aus. Selbst diese Eigenthümlichkeit fehlte aber in einem zweiten mit Antiarin vergifteten Thiere. Der Frosch pflegt die willkürlichen und die Reflexbewegungen in aller Stille zu verlieren und ohne ein auffallendes Zeichen zu sterben. Das Herz desselben kann schon still stehen, wenn noch Hautreize Ortsbewegungen des Thieres zur Folge haben. Die Empfänglichkeit der Muskeln erhält sich etwas länger als die der Nervenstämme. KOELLIKER fand die Vorhöfe ausgedehnt, die Kammer verengt und wie mit Blut unterlaufen und die Gefässe, vorzugsweise die Blutadern der Lungen, der Leber, des Magens, des Darmes und der Nieren übermässig gefüllt. Legt man die Muskeln eines Froschpräparates in eine wässerige Antiarlösung, so verliert sich die Reizbarkeit desselben. PELIKAN gibt an, dass der Hüftnerv seine Kräfte in glücklichen Fällen bewahren kann. Jene unmittelbare Wirkung erklärt es, wesshalb das Antiar das Herz und die Gliedmaassen von Fröschen lähmt, deren Rückenmark oder verlängertes Mark durch die Vergiftung zerstört worden. Vorher eingeführtes Curare hebt die spätere Wirkung des Antiar nicht auf.

§. 1267. Hatte ich eine geringe Menge eines afrikanischen Pfeilgiftes, das von den Bossoutos stammt, unter die Rückenhaut eines Frosches gebracht, so starb das Thier, ohne dass Krämpfe

oder andere äussere Veränderungen eintraten. Die Muskelcurven boten nichts Ungewöhnliches dar.

§. 1268. Manche Widersprüche in den die Wirkungen der Pfeilgifte betreffenden Angaben lassen sich daraus erklären, dass der eine Beobachter eine kräftigere und der andere eine minder wirksame Masse benutzte. Da aber die gewöhnlich gebrauchten Arten, das Curare und das Antiar, nicht flüchtig sind und sie und der flüssig aufbewahrte Antiarsaft ihre Wirksamkeit viele Jahre lang beibehalten, so kam wahrscheinlich ein Theil des Widerstreites davon her, dass man wesentlich verschiedene Pfeilgifte mit dem gleichen Namen belegte. Da Upas im Malaischen und Ipo in anderen Sprachen des ostindischen Archipels ein pflanzliches Gift überhaupt bezeichnet, so werden die ungleichsten Pfeilgifte unter dieser Benennung von den Eingeborenen angeführt. Die eben erläuterten Wirkungen des Upas antjar zeigen, dass dieser Körper nicht durch Strychnin tödtet. Das Upas radja oder tieuté oder tjettek dagegen stammt von Strychnos tieuté Leschenault, enthält Strychnin und Brucin und wirkt auch demgemäss. Wie Upas ein allgemeiner Name für die Pfeilgifte der Malaien, so ist Urari ein solcher der Wilden der heissen Gegenden Amerika's. Das Macusi-Urari entspricht dem Woorara, das man jetzt meist als sogenanntes Curare zu physiologischen Versuchen und als Heilmittel, besonders als Gegengift des Strychnins (§. 1259.) gebraucht. Das Urari-noa ist das eigentliche Curare und das Urari sipo das Ticunas der mit diesem Namen bezeichneten Indianer des Amazonenstromes und dessen Wirkung von Pikrotoxin oder einem verwandten Körper herrühren soll. FONTANA [1]) hat eine grössere Reihe von Versuchen mit diesem Gifte angestellt. Seine Beobachtungen lehrten, dass es widerlich riecht, dagegen nicht bitter, sondern wie Süssholz schmeckt [2]), die Empfindlichkeit und die Willkürbewegungen lähmt und eine rasche Erholung in günstigen Fällen gestattet [3]). Die Einspritzung der Giftverdünnung in die Halsschlagader tödtete die Kaninchen blitzartig [4]). Der in neuerer Zeit oft ausgesprochene Gedanke, dass das Pfeilgift nur die Enden der Nerven lähme, wird schon von FONTANA in Erwägung gezogen und ohne weiteres zurück-

---

1) F. FONTANA, Abhandlungen über das Viperngift. Berlin 1787. 4. S. 284—313.
2) FONTANA, Ebendaselbst. S. 285.
3) FONTANA, a. a. O. S. 300
4) FONTANA, a. a. O. S. 303. 304.

gewiesen[1]). Man kennt nicht genauer die Beschaffenheit der afrikanischen Pfeilgifte. Es ist eben so wenig möglich, die Pflanzen, die den europäischen Völkern des Alterthums zu dem gleichen Zwecke dienten, genauer anzugeben. Haben schon neuere Forscher die Verwirrung erzeugt, dass man jetzt in der Wissenschaft Curare ein Pfeilgift nennt, das von dem ächten Curare der westindischen Eingeborenen abweicht (§. 1244.), so kann es nicht befremden, wenn die schwankenden Aussagen der Wilden, die oft nur von bevorzugten Kasten betriebene und geheimnissvolle Bereitung der Pfeilgifte und die Verschiedenheit der von den Reisenden befragten Stämme der Eingeborenen die grössten Unbestimmtheiten und Widersprüche auf diesem Gebiete zur Folge hatten.

§. 1269. Der Inhalt des Steinkernes der gleich dem Oleander und den Strychnosarten zu den Apocyneen gehörenden Tanghinia venenifera du Petit Thouars; Tanghinia veneniflua oder Cerbera Tanghin Hooker, der zu Gottesurtheilen auf Madagaskar dient, wirkt in mancher Hinsicht anders als das Antiar, mit dem es hin und wieder zuzammengestellt worden. KOELLIKER und PELIKAN fanden, dass der Weingeistauszug den Herzschlag des Frosches zuerst beschleunigte, ihn hierauf unregelmässig machte und zuletzt aufhob. Die Willkürbewegungen, die Reflexverkürzungen, die Empfindlichkeit und Muskelreizbarkeit schwanden in aller Stille der Reihe nach. Die Trennung des Hüftnerven änderte die Wirkung auf die entsprechenden Muskeln in keiner merklichen Weise. Die Ausrottung des Rückenmarkes verlangsamte nur die auf die Nerven und die Muskeln, nicht aber die auf das Herz. Die Reizbarkeit der Nervenstämme starb in der Richtung von dem Centrum nach der Peripherie ab. Hatte man das eine Hinterbein bis auf die Hüftnerven getrennt, so blieben die Muskeln von der Vergiftung verschont. Die Empfänglichkeit derselben erhielt sich eben so lange, als in einem nicht vergifteten Frosche. Die Tanghinia wirkte endlich bei 20° C. stärker als bei 6° C.

4. Opium, dessen Bestandtheile und Haschisch.

§. 1270. Obgleich schon die in dem mittleren Europa am häufigsten vorkommenden Mohnpflanzen, wie Papaver Rhoeas und Papaver dubium, schädlich wirken können, so sind es doch vorzugsweise die orientalischen Abarten von Papaver somniferum, dessen

[1]) FONTANA, a. a. O. S. 309.

Kapseln das ächte, nach dem Eintrockenen braunschwarz werdende Opium liefern. Das als Morphium oder Morphin bezeichnete Alkaloid, welches DEROSNE und SERTÜRNER im Jahre 1804 zum ersten Male darstellten, erzeugt die nachtheiligen Hauptwirkungen des Opium schon in verhältnissmässig kleinen Gaben. Es soll in dem Safte der rundlichen Mohnkapseln, die weniger Opium als die häufiger angepflanzten länglichen liefern, in reichlicherer Menge vorkommen. Manche der anderen, aus dem Opium dargestellten krystallisirbaren Stoffe, wie das Thebain oder das Paramorphin, das Codeïn, das Narcotin, das man früher auch Opian oder nach seinem Entdecker (1803) Derosne'sches Salz nannte, und das Narceïn besitzen ebenfalls giftige Wirkungen. Da das anhaltende Riechen von Opiumpräparaten Kopfschmerz, Uebelkeiten, Trägheit und Schläfrigkeit erzeugen soll, so wäre hiernach zu schliessen, dass ein flüchtiger schädlicher Stoff in dem Opium enthalten ist. Das durch Destillation erhaltene Opiumwasser, in welches er übergeht, hat sich in neueren Versuchen als wirkungslos erwiesen [1]).

§. 1271. Die Folgen des Opiumrauchens beweisen, dass keinesfalls alle giftigen Verbindungen durch den hier thätigen Wärmegrad zerstört werden. Obgleich bis jetzt keine Versuche in dieser Hinsicht angestellt worden, so macht es doch im Ganzen die Art und die Schnelligkeit der Wirkung wahrscheinlicher, dass sie in Dampfform, als nur fein mechanisch vertheilt und fortgerissen in den Körper gelangen. Man kann dagegen die Richtigkeit der Annahme von REVEIL [2]) bezweifeln, dass der schädliche Einfluss des Opiumrauchens von Cyanammonium, welches sich in dem Dampfe findet, nicht aber von dem ihm fehlenden Morphin herrührt. Die physiologische Ursache der Sitte, Sublimat dem Opium beizufügen und so eine Mischung von Quecksilber- und Opiumdämpfen einzusaugen, lässt sich noch nicht mit Sicherheit angeben.

§. 1272. Wie die zuerst aufregende und meistentheils heiterer stimmende Wirkung des Weingeistes die Hauptursache des Genusses geistiger Getränke und der allmähligen Angewöhnung des Trinkens bildet, so sind es die angenehmen und oft wollüstigen Träume, welche die Opiumraucher oder die Theriaki der Türken und die Afimi der Araber verführen. Beide, der Trinker wie der

---

1) VAN HASSELT-HENKEL. Bd. I. S. 244.
2) VAN HASSELT-HENKEL. Ebendaselbst. S. 248.

Opiophag bezahlen aber bald den kurzen Genuss damit, dass zunächst ihr Nervensystem reizbarer und daher die dem Rausche nachfolgende Erschlaffung unangenehmer empfunden wird und in höherem Grade, als dieses sonst der Fall wäre, verstimmt, dass sich auch eine grössere Erregbarkeit zu nüchternen Zeiten verräth, welche die Leidenschaften eben so sehr steigert, als jede besonnene Kraft zurückdrängt, dass endlich zuletzt die körperlichen wie die geistigen Thätigkeiten unter dem anhaltenden Einflusse der durch die Giftstoffe erzeugten Veränderung der Ernährungszustände der grauen Massen des centralen Nervensystemes erlahmen. Die Schnelligkeit, mit der sich die Folgen jener beiden Arten unglückseliger Neigungen geltend machen, wechselt mit der Verschiedenheit der ursprünglichen Constitution und der äusseren Verhältnisse. Kräftige Menschen, die sonst üppiger leben, vertragen im Allgemeinen das Trinken wie das Opiumrauchen länger als schwächliche und arme Leute. Kinder bekommen in Ostindien schon oft Opium in zartestem Alter. Sie setzen den Genuss des Giftes oder das Opiumrauchen als Erwachsene fort und sterben nicht selten erst als Greise. Ein berühmter noch lebender Musiker soll sich durch Opium für seine Compositionen in jüngeren Jahren begeistert haben. Da aber die geistigen Getränke wie das Opium den Appetit mit der Zeit stören, so geht hierdurch der aus den Nahrungsmitteln erwachsende Vortheil, den der Reiche dem Armen gegenüber nicht bloss für den Sinnesgenuss, sondern auch für seine Lebensdauer hat, häufig genug verloren.

§. 1273. Die fahle Gesichtsfarbe, die erschlaffte Physiognomie, das matte Auge und nicht selten die unsichere Körperhaltung, das Zittern und die bedeutende Abmagerung verrathen den Opiumraucher. Die anhaltende Wiederholung der Wirkung der Dämpfe nimmt den Hunger, stört die Verdauung und erzeugt die hartnäckigste Stuhlverstopfung. Nähert sich das Ende der höheren Reizbarkeitsstufe, so bilden die Geneigtheit zu Kopfschmerz, zu Schwindel und zu anderen Nervenleiden, unruhiger Schlaf oder Schlaflosigkeit, ein wie gelähmter Gedankengang und ein dumpfes Brüten die äusseren Zeichen der dauernden Zerrüttung des centralen Nervensystemes. Nur die Sehnsucht, den Genuss des Opiums zu erneuern und allfällige andere Wollustneigungen zu befriedigen, beschäftigen den Menschen. Man hat also hier die gleiche ausschliessliche Sorge für die Erneuerung des Giftgenusses wie bei dem vorgeschrittenen Trinker. Beide stimmen auch darin überein, dass das Muskelzittern, die körperliche und die geistige Abspannung, die sich später während

ler Perioden der Nüchternheit und selbst nach der erholenden Wirkung des Schlafes verrathen, nur einer neuen Berauschung für den Augenblick weichen. Alle wesentlichen Erscheinungen des Säuferwahnsinnes überhaupt können in dem Opiophagen wiederkehren. Lähmungen der Empfindungs- und der Bewegungsnerven, Athembeschwerden, geschlechtiges Unvermögen, Blödsinn treten nicht selten vor dem Tode auf.

§. 1274. Kranke und Gesunde können sich an den Genuss des Opium oder der Alkaloide desselben, besonders des Morphin, nach und nach gewöhnen, so dass diese Verbindungen schwächere heilende oder schädliche Wirkungen als sonst entwickeln. Man muss zu immer grösseren Gaben schreiten, wenn Erfolge überhaupt zum Vorschein kommen sollen. Der Genuss des Kaffee kann die geringeren Grade der Opiumwirkung aufheben. Wird der Körper durch die anhaltende Einnahme kleiner oder mässiger Opiumgaben allmählig zu Grunde gerichtet, so zeigen sich im Ganzen ähnliche Wirkungen wie bei den Opiumrauchern.

§. 1275. Versuche an Fröschen können die beiden aufeinander folgenden Stufen der Opiumwirkung, den ersten aufregenden und den späteren lähmenden Einfluss am deutlichsten nachweisen. Sie lehren zugleich, dass im Allgemeinen die letztere um so rascher eintritt und bei stärkeren Gaben um so kürzer dauert, eine je grössere Menge des Giftes auf einmal in das Blut gelangt. Die Einspritzung einer mässigen Quantität wässeriger Opiumtinctur oder eines anderen flüssigen Opiumpräparates in die Mundhöhle oder den Mastdarm des Frosches erzeugt leicht einen ähnlichen Zustand erhöhter Reizempfänglichkeit wie die Strychninvergiftung (§. 1222.), so dass die leiseste Erschütterung einen Anfall allgemeiner Starrkrämpfe nach sich zieht. Dieser Erfolg tritt aber im Ganzen genommen später ein und zeigt sich oft unvollständiger, so dass die Zusammenziehungen in den Vorderbeinen unvollkommener als in den Hinterfüssen ausfallen. Er bleibt möglich, man mag die Grosshirnhalbkugeln, die Sehlappen und die Vierhügel vor oder nach der Einverleibung des Giftes, vor oder nach dem Erscheinen der erhöhten Reizbarkeit entfernt haben [1]). Die Neigung zu Reflexkrämpfen verliert sich später wiederum und das Thier erholt sich vollständig nach verhältnissmässig kleinen Opiumgaben. Grössere führen zu Lähmungserscheinungen, denen der Tod meistentheils nachfolgt.

---

[1]) Siehe mein Lehrbuch der Physiologie. Bd. II. Abth. 2. S. 512. 513.

Die kraftvolle Wirksamkeit des Morphins lässt häufig die erste Stufe der Veränderung nach dem Uebertritt selbst geringer Mengen in das Blut verhältnissmässig rasch vorübergehen.

§. 1276. Die Muskelcurven, die man während der Dauer derselben aufschreibt, zeigen ähnliche Eigenthümlichkeiten, wie die, welche während der durch Strychnin erzeugten Reizbarkeitserhöhung (§. 1240.) erhalten worden. Ging der elektrische Strom durch den Hüftnerven des mit Opium oder mit Morphin vergifteten Frosches, so pflegte sich wiederum das Zuckungsgesetz des lebenden Nerven auf allen Stufen der Erregbarkeit zu erhalten. Der aufsteigende Strom führte im Ganzen leichter zu Reflexkrämpfen als der absteigende. Die Zusammenziehungen des von dem gereizten Hüftnerven abhängigen Wadenmuskels fielen stürmischer aus. Man hatte aber meist nur mehrere auf- und niedergehende Schwankungen statt einer stetigen Zunahme der steigenden Verkürzung und eine kurze Dauer dieser oder der Erschlaffung. Diese Merkmale erschienen leichter bei dem Schlusse als der Oeffnung der Kette und eher bei aufsteigendem als bei absteigendem Strome. Wie bei dem Strychnin (§. 1240.), so behaupteten auch hier die stürmischen Zusammenziehungen einen gewissen Grad von Unabhängigkeit von der erhöhten Reflexempfänglichkeit. Jene traten in einem mit Opium vergifteten Frosche auf, wenn das Klopfen auf den Tisch noch keinen allgemeinen Starrkrampf hervorrief. Diese Wirkungsweise erhielt sich aber länger als der stürmische Charakter der Zusammenziehung in einem zweiten, mit Morphin vergifteten Frosche. Ein drittes Thier, das Thebain bekommen hatte, zeigte keine merkliche Veränderung der Muskelcurven. Wurde ihm dann noch Narcotin unter die Rückenhaut geschoben, so schreckte es zehn Minuten nach der Vergiftung bei dem Klopfen auf den Tisch auf und starb eine Stunde später. Die indessen erhaltenen Muskelcurven verriethen nur bisweilen eine geringe Spur stürmischer Zusammenziehungen. Das Maximum der Verkürzung hielt nämlich längere Zeit an (§. 1240.). Ein der Abscisse paralleles Curvenstück hatte sich daher zwischen der Erhebung und der Senkung eingeschaltet (§. 340. Fig. 19.).

§. 1277. Fällt schon die Reflexempfänglichkeit nach Opium- und nach Strychninvergiftungen in manchen untergeordneten Punkten ungleich aus, so wiederholt sich der Unterschied in noch sichtlicherer Weise, wenn man die Hirnthätigkeit in Betracht zieht. Während das Strychnin das Bewusstsein ungestört lässt, bis zuletzt die Erstickung dunkelrothes Blut in reichlicher Menge den Gross-

hirnhalbkugeln zuführt, bilden Schläfrigkeit und bald darauf fester und lange anhaltender Schlaf oder ein rauschähnlicher Zustand und Betäubung die ersten Merkmale der durchgreifenden Opiumwirkung. Werden grosse Gaben des Giftes eingenommen oder in das Blut gespritzt, so pflegen diese Erscheinungen ohne alle vorangehende aufregende Wirkungen einzutreten. Man benutzt sie daher, besonders seit LUDWIG, zu physiologischen Versuchen. Die kurze Dauer des Aetherrausches der Hunde und der Katzen, der Widerstand, den viele von ihnen dem Einathmen des Aethers entgegensetzen und die unvollkommene Betäubung anderer verleihen dem Opium wesentliche Vorzüge, wenn es sich um lang anhaltende Eingriffe handelt. Hat man eine nicht unbedeutende Menge Opiumtinctur in die Drosselblutader eines Hundes gespritzt, so verfällt das Thier bald darauf in die tiefste Empfindungslosigkeit, nachdem sich unwillkürlich Harn- und Kothentleerung, einzelne Krampfstösse und röchelndes Athmen eingefunden haben. Stocken die Athembewegungen oder macht der physiologische Versuch die Eröffnung der Brusthöhle nöthig, so kann das Leben Stunden lang durch die künstliche Athmung erhalten werden. Der Aether hat mit Recht das Opium bei den chirurgischen Operationen verdrängt. Die Wundarzneikunst könnte aber von der eben erwähnten Wirkungsart des Opiums eben so gut Nutzen ziehen als die Physiologie, da der subcutane Gebrauch der Opiumpräparate die Stufe der ersten Erregung und der späteren Betäubung leichter erzeugt, als die Aufsaugung von dem Magen aus[1]). PITHA und NUSSBAUM geben an, dass die Einführung von ½ bis 1 Gran Morphin unter die Haut eines Menschen die Chloroformnarkose 6 bis 12 Stunden festhalten kann.

§. 1278. Die kleinen Opiumgaben, welche die Heilkunde so häufig braucht, können in mehreren Richtungen wirken. Der betäubende Einfluss, den sie auf das Gehirn ausüben, macht sich nicht bloss unmittelbar für die Hirnthätigkeiten und die leichtere Erzeugung von Empfindungslosigkeit und Schlaf geltend, sondern wirkt auch oft genug beruhigend für örtliche, von den Nerven theilweise abhängige Leiden. Eine zweite Art von Erfolgen bezieht sich auf die Thätigkeitsänderung der verkürzbaren Elemente in den Wänden der Gefässe und der Drüsengänge, welche die Aufsaugung

[1]) Eine Reihe von Versuchen, welche dieses bestätigen, findet sich in der Arbeit von LEBERT und TÜRK, Experimenta de usu opii inprimis hypodermatico instituta Vratislawiae. 1860. 8. p. 20—30.

und die Absonderungen nach Verschiedenheit der Ausgangsbedingung vergrössern oder herabsetzen kann. Sie dient auf diese Weise z. B. eben so gut zur Vermehrung der Schweissbildung als zur Verstopfung von Durchfällen. Ein anderes Verfahren besteht in der örtlichen Anwendung des Opium oder des Morphins. GRAEFE führt eine Morphinlösung unter die Haut der Schläfe ein, um Pupillenverengerung zu erzeugen. Benutzt man hierbei noch die allgemeine Wirkung, so fehlt auch nicht der Gebrauch der rein örtlichen. Die Augenärzte bringen Opiumtinctur in den Bindehautsack, um die Aufsaugung zu befördern, Trübungen der Hornhaut aufzuhellen und Schmerzen zu stillen. Jene Einflüsse hängen dann von der chemischen Beschaffenheit des Opiumpräparates vorzugsweise ab. Der Nerv oder die Muskeln eines Froschpräparates verlieren ihre Kräfte, wenn sie eine Zeit lang in wässeriger oder in safranhaltiger Opiumtinctur liegen bleiben. Das ausgeschnittene Froschherz klopft lange fort, wenn eine solche Flüssigkeit nur die Aussenfläche desselben umspült. Wirkt sie dagegen auf die Innenfläche, nachdem man die Herzhöhlen mit derselben gefüllt hat, so hören die Schläge binnen kurzem auf.

§. 1279. Grosse in das Blut übergehende Gaben von Opium erzeugen die Betäubungsstufe mit solcher Schnelligkeit, dass man oft keine deutlichen vorangehenden Zeichen höherer Erregbarkeit bemerkt. Schwindel, Druck in der Magengegend, Erbrechen, Verdauungsstörungen, Krämpfe, Blutungen, erschwerte Harnentleerung, Steifung des Gliedes und Hautpusteln gehören zu den unbeständigen Erscheinungen. Die Perser gebrauchen das Opium als Aphrodisiacum, wenn sie sich in ihren Bädern wollüstig aufregen wollen. Die unter dem Namen des Amocklaufens bekannten Wahnsinnsäusserungen, welche die Malaien und die Neger des ostindischen Archipels bisweilen darbieten und das sie ihrer blutdürstigen Raserei wegen so gefährlich macht, kehren nach dem ungewohnten Genusse grösserer Opiumgaben nicht wieder. Der Mensch wird von unwiderstehlicher Neigung zum Schlafe befallen, schläft bei mittleren Gaben des Giftes lange und fest und erholt sich hernach bis auf Kopfschmerz und Mattigkeit, die oft lange zurückbleiben, vollständig. Grössere Gaben führen zu Schwindel, Bewusstlosigkeit, Betäubung, zur Unmöglichkeit, die Augenlider, in denen oft ein schwaches Verkürzungsspiel, wie in einzelnen anderen Körpermuskeln bemerkt wird, zu öffnen, zu bedeutender Pupillenverengerung, zu Sopor, zu Schweiss, der oft den Opiumgeruch verbreitet, zu langsamen, un-

regelmässigen und nicht selten röchelnden Athmen. Es können nur vier Athemzüge, dagegen achtzig Pulsschläge auf die Minute nach OLIVIER und MARYE kommen. Der Herzschlag und die Athmung nehmen in der Folge noch mehr ab. Die Haut erblasst. Die Eigenwärme des Körpers sinkt. Alle Muskeln erschlaffen und der Vergiftete stirbt, ohne dass allgemeine Krämpfe den Todeskampf begleiten. Kaninchen verfallen nicht selten in Krämpfe unmittelbar vor dem Tode[1]), Hunde haben bisweilen unwillkürliche Harn- und Kothentleerungen.

§. 1280. Man pflegt sich vorzustellen, dass sich die Blutgefässe des Gehirns nach dem Opiumgenusse übermässig füllen und die betäubende Wirkung von diesem Umstande herrührt. Die Leichenöffnung täuscht oft in Betreff des Blutgehaltes des centralen Nervensystemes, weil sich die Druckverhältnisse mit der Eröffnung der hermetisch geschlossenen Schädelhöhle leicht ändern. Man trifft in Fröschen, Kaninchen und Hunden Fälle an, in denen die Opiumvergiftung von keiner ungewöhnlichen Blutfülle begleitet wird. Das Gift betäubt also wahrscheinlich dadurch, dass es mit dem Blute den verschiedenen Theilen des centralen Nervensystemes zugeführt, die grauen Massen des Gehirns am nachdrücklichsten ändert. Das Strychnin wirkt dagegen auf sie gar nicht oder jedenfalls nicht so durchgreifend ein. Diese Thatsache bestätigt wiederum die Ansicht, dass die Molecularbeschaffenheit und mit ihr die Thätigkeit und die Reaction der verschiedenen Ganglienkugeln wechseln (§. 290. und 295.). Die Uebertragung der an den gewöhnlichen physiologischen Versuchsthieren gefundenen Ergebnisse auf den Menschen macht die grösste Vorsicht nöthig, sowie die Grosshirnhalbkugeln eine wesentliche Rolle bei der in Betracht kommenden Erscheinung übernehmen. Der Arzt muss daher immer die an Thieren gewonnenen Ergebnisse der Opiumvergiftung von diesem Gesichtspunkte aus auffassen. Eine andere Eigenthümlichkeit besteht darin, dass kein einziger der §. 1270. angeführten künstlich dargestellten Bestandtheile des Opium alle Wirkungen desselben wiedergibt und manche von ihnen Erscheinungen liefern, die dieses selbst nicht hervorruft. Hierher gehört z. B. das Hautjucken, das man nach Morphinvergiftungen bemerkt hat, das jedoch gänzlich fehlen kann[2]). Das

[1]) Versuche der Art siehe z. B. bei A. DAVIDSON, Diss. exhibens Meletemata quaedam circa Opium. Vratislawiae. 1828. 8. p. 16—29.

[2]) Siehe z. B. C. B. KREISSIG, Diss. casum intoxicationis per morphium aceticum sistens. Lipsiae 1855. 8. p. 30.

Thebaïn und nächst ihm das Narceïn, das Codeïn und das Porphyroxin sollen die Empfänglichkeit der Bewegungsfasern, dieses, das Narcotin, das Meconin, die Meconsäure und das Papaverin die der Empfindungsnerven auffallend erhöhen. Grössere Gaben führen bei Allen zu rascher Lähmung. Das Opium im Ganzen wirkt häufig schneller als ein einzelnes Alkaloid, z. B. Morphin.

§. 1281. Die Muhammedaner, die Indier und die Chinesen benutzen oft die verschiedenen Theile des indischen Hanfes (Cannabis indica, sehr verwandt mit unserem C. sativa), um Berauschungsmittel zu bereiten. Der Haschisch[1]), Chaschisch oder Hadschy der Araber stammt von den getrockneten, vor dem Reifen der Früchte eingesammelten Spitzen, der Gunjah oder Ganja der Indier von diesen, wenn sie nach dem Blühen genommen worden, der Bang, Bueng oder Lubzi von den Blättern der grösseren Stengel oder der Früchte und der Churus von einem Gemenge der genannten und anderer Theile und der harzartigen Stoffe des Hanfes[2]). Der schon seit vielen Jahrhunderten im Orient gebrauchte, aber erst seit der französischen Expedition nach Aegypten durch DESGENETTES in Europa bekannt gewordene Haschisch versetzt die Menschen, die ihn geniessen, die von den Arabern sogenannten Chaschischiun, in einen eigenthümlichen, oft angenehmen und heiteren Rausch, der von dem des Weingeistes und dem der Opiate wesentlich abweicht. Sinnestäuschungen, Schwindel, Irrereden oder Träume bei offenen Augen, seltener Betäubung oder Sopor werden als Folgen des Genusses grösserer Mengen des Haschisch und Abmagerung, Athembeschwerden und Muskelschwäche als solche des anhaltenden Gunja- oder Hanfrauchens angegeben. Hatte DE LUCA[3]) 2 bis 3 Grm. einer orientalischen Haschischpaste genommen, so spürte er ein eigenthümliches Gefühl von Ameisenlaufen, das von den Endtheilen der Glieder nach dem centralen Nervensysteme fortschritt. Die Häuser schienen sich von ihm zu entfernen. Er hörte die Stimmen, als wenn sie von einem grossen Abstande kämen und hatte bei dem Gehen die Empfindung, als würde er in die Luft gehoben. Die Hände gehorchten dem Willen nicht bei beabsichtigten feineren

[1]) Das H oder Ch ist wie ein weiches hochdeutsches Ch auszusprechen.

[2]) VAN HASSELT-HENKEL. Bd. 1. S. 427.

[3]) DE LUCA, Journal de Pharmacie. Troisiéme Série. Tome XLII. 1862. p. 396 bis 400.

Bewegungen. Ein Gefühl von Hochmuth und Zufriedenheit begleitete alles Denken über Vergangenheit und Gegenwart. Diese Erscheinungen verloren sich nach vier Stunden.

Frauen und Kinder sollen für die Wirkungen des Haschisch empfänglicher als Männer sein. Man findet in den Giftlehren angegeben, dass sich indische Fakire durch den Gebrauch von Haschisch oder von Gunja in Scheintod versetzen, so dass es möglich sei, sie für einige Wochen zu begraben und dann wiederzuerwecken. Ein Mann, der Jahre lang als Angestellter in Delhi und Agra lebte, den Himalaya und die angrenzenden Länder bereiste und der Sprachen kundig, mit Hindus und Muhammedanern aller Klassen in Berührung kam, erklärte mir das Ganze, wie ich erwartete, als Fabel. Er bestätigte dagegen, dass die Sufi den Haschisch oder den Bhang benutzen, sich in einen ungewöhnlichen Krampfzustand zu versetzen oder sich gegen die bei den Processionen öffentlich zur Schau getragenen Selbstquälereien, das Durchstechen der Zunge mit Nadeln oder das Aufspiessen am Rücken unempfindlicher zu machen.

§. 1282. Brachte ich ungefähr einen Decigramm Haschisch der gewöhnlichen orientalischen Sorte unter die Rückenhaut eines ersten und eben so viel einer feineren Art unter die eines zweiten Frosches, so schienen die Thiere nach einigen Stunden lebhafter zu athmen und wurden nach ungefähr neun Stunden auffallend träge. Sie erholten sich aber wiederum über Nacht vollständig. Die Rückenhaut dessen, der die schlechtere Probe erhalten hatte, verschwärte später an der Anwendungsstelle. Führte ich eine Mischung von Gummilösung und des Auszuges von indischem Hanf in ähnlicher Weise ein, so athmeten die ruhig sitzenden Frösche nach fünf Stunden schneller. Berührte man sie, so hüpften sie lange Zeit so stürmisch herum, dass sich hierdurch der Zustand der Aufregung deutlich verrieth. Das eine Thier zeigte ihn noch am folgenden Tage, während das andere um diese Zeit auffallend ruhig erschien. Beide überlebten die Vergiftung.

5. Blausäure und andere Cyanpräparate.

§. 1283. Da die von SCHEELE 1782 entdeckte, von ITTNER 1809 zuerst in reinem Zustande gasförmig und 1811 von GAY-LUSSAC tropfbarflüssig dargestellte Blausäure bei 26°,5 C. unter einem Luftdrucke von 760 Millimetern kocht, so kann es nicht befremden, wenn sie schon bei gewöhnlicher Wärme der Athmosphäre

Dämpfe entlässt, die mit der Athemluft eingesogen Kopfschmerz, Schwindel, Sinnestäuschungen, die Empfindung der Zusammenschnürung im Schlund, ein Gefühl von Muskelschwäche und Athembeengung erzeugen. Die grosse Flüchtigkeit bedingt es auch, dass das Riechen der Säure die Geschmacksempfindung derselben hervorzurufen pflegt.

§. 1284. Tödtet auch die vollkommen reine Blausäure nach wenigen Secunden, so spricht dieses doch nicht nothwendiger Weise dagegen, dass der Blutlauf das Gift dem Gehirne zugeführt hat. Der erste Uebertritt in die Blutgefässe fordert nur einen kleinen Bruchtheil einer Secunde. Die Kreislaufsdauer beträgt aber nach VIERORDT[1]) 13,5 bis 21,8 Secunden im Hunde. Die Katze lieferte im Durchschnitt 6,7, das Kaninchen 7,8, das Meerschweinchen 7,1 und das Eichhörnchen 4,4 Secunden. Starben auch Katzen und Hunde in einer halben Minute, so kann indessen schon das Blut eine gewisse Menge von Blausäure dem Gehirn mitgetheilt haben. Die Angabe, dass Kaninchen oder Ratten, deren Kopf man über einer mit den Dämpfen wasserfreier Blausäure gefüllten Flasche hielt, nach 2 bis 3 Secunden todt waren, braucht keineswegs übertrieben zu sein. Sie zeugt aber nicht gegen die Zuleitung des Giftes zu dem Gehirn, weil die Stromgeschwindigkeit des Blutlaufes eine Function der Anzahl der Pulsschläge ist, diese aber in kleinen Thieren grösser ausfällt und überdiess in der durch das Anfassen geängstigten Ratte noch mehr zunimmt. Setzt man sie, da keine Untersuchungen über ihre Blutgeschwindigkeit vorliegen, dem Eichhörnchen gleich, so hat dieses im Durchschnitt 320 Pulsschläge in der Minute. Da die Kreislaufsdauer 4,4 Secunden beträgt, so ist sie nach 23,3 Pulsschlägen beendigt. Das Blut kann daher eine nicht unbedeutende Blausäuremenge in das Gehirn eines jungen Eichhörnchens, das schon 430 Pulsschläge in der Minute unter gewöhnlichen Verhältnissen hat, in 2 bis 3 Secunden geführt haben. Die rasche Uebertragung ist noch dadurch erleichtert, dass die Dämpfe des Giftes in den Lungen, schnell aufgesogen, unmittelbar in die Lungenblutadern gelangen und daher der grösste Theil des Lungenkreislaufes erspart wird. Nimmt man an, dass ein Molecül Blut den grossen und den kleinen Kreislauf eines Menschen, der

---

[1]) C. VIERORDT, die Erscheinungen und Gesetze der Stromgeschwindigkeiten des Blutes. Frankfurt a/M. 1858. 8. S. 114. fgg. Vgl. auch dessen Grundriss der Physiologie. Dritte Auflage. Tübingen 1864. 8. S. 136. 137.

70 Pulsschläge in der Minute hat, während 28 Herzschlägen durchsetzen kann, so würden die ersten Blausäuremengen nach weniger als 24 Secunden in dem Gehirn anlangen, wenn selbst die Bahn durch den kleinen Kreislauf nicht umgangen worden. Die Tödtung eines Menschen in einer halben Minute oder einer noch kürzeren Zeit liegt daher nicht ausserhalb der Grenzen der Möglichkeit.

§. 1285. Die leichte Zersetzbarkeit der reinen Blausäure bedingt es nicht selten, dass die Wirkungen des Giftes unvollkommen ausfallen. Ist die Flüssigkeit vor längerer Zeit bereitet worden und hat sie besonders durch den Zutritt der Luft oder das Licht gelitten, so bilden sich Paracyanogen, Ammoniak und andere Zersetzungsproducte. Ein brauner Niederschlag oder eine dunkele Färbung der sonst wie Wasser aussehenden Blausäure zeigt diese Veränderung an. Die concentrirte Säure hält sich meist nur bei niederen Wärmegraden und selbst dann nicht lange unverändert. Man pflegt sie daher frisch bereitet in Eis aufzubewahren. Verdünnte kann noch nach Jahren mit solcher Kraft wirken, dass die Einführung von ein paar Tropfen in den Bindehautsack ein Kaninchen in wenigen Secunden tödtet. Der Zusatz einer geringen Menge von Schwefelsäure oder einer anderen Mineralsäure verhütet oft die Selbstzersetzung der Blausäure. Man kann sich die Wirkung dadurch zu erklären suchen, dass die Säure beigemengte organische Körper, welche die allmähliche Zerlegung begünstigen, zerstört. Die Ursache, wesshalb die Einführung grosser Massen von Blausäure in den Magen von Pflanzenfressern, wie des Pferdes, des Schafes, des Elephanten erst nach längerer Zeit oder gar nicht tödtet, lässt sich nicht mit Sicherheit angeben. Es wäre möglich, dass die Erscheinung einerseits von der Zersetzung der Säure durch die Nahrungsmittel und andererseits von der Schwierigkeit, die z. B. der Pferdemagen der Aufsaugung entgegensetzt (§. 851.), herrührte.

§. 1286. Wirkt eine grössere Gabe der nicht zu verdünnten Säure blitzartig, so sinkt der Mensch oder das Thier zusammen, ohne in Krämpfe zu verfallen. Ein gellender Schrei, der häufig ausgestossen wird, bildet wahrscheinlich nicht den Ausdruck des Schmerzes, sondern nur der Reizung, welche die plötzliche Tödtung des verlängerten Markes und der Seitenstränge des Rückenmarkes auf die Athem- und die Stimmmuskeln ausübt. Die Augen der Leiche glänzen oft wie die des lebenden Geschöpfes. Kaninchen, die ein paar Tropfen in den Bindehautsack eingeführter Blausäure in einem Augenblicke getödtet haben, bewahren noch

die Empfänglichkeit des Rückenmarkes, der Muskeln des Gesichtes und der Gliedmaassen für die Schläge des Magnetelektromotors während einer Reihe von Minuten. Das vergiftete Auge ragt bisweilen auffallend zur Augenhöhle heraus.

§. 1287. Kleinere Gaben von verdünnter Blausäure oder grössere von schwach blausäurehaltigen Flüssigkeiten, wie des Bittermandel- oder des Kirschlorbeerwassers [1]), des unreinen, nicht aber des nur reizend wirkenden reinen ätherischen Bittermandelöls, der blausäurehaltigen Liqueure, z. B. des Kirschwassers, des Persico, des Marasquino, endlich entsprechende Mengen der Lösungen von Cyanverbindungen, wie des Cyankaliums, des Cyanquecksilbers oder des Schwefelcyan- oder Rodankaliums, die langsamer tödten, können Schwindel, Erblassen, Kälte der Haut, klebrige Schweisse, vermehrte Speichelabsonderung, im Anfange Beschleunigung und Unregelmässigkeit des Herzschlages und hierauf Abnahme der Stärke desselben, Aussetzen des Pulses, ungleiche, von langen Pausen unterbrochene krampfhafte und langsame Athembewegungen, unwillkürliche Entleerungen von Koth und Harn, Starrheit des Blickes, Eingenommenheit des Kopfes, heftige Schmerzen im Hinterhaupte, Schlafsucht, Bewusstlosigkeit, Muskelzittern und ausgedehntere Wechsel- oder Starrkrämpfe herbeiführen. Die grauen Massen des centralen Nervensystemes scheinen früher als die weissen zu leiden. Die durch Hautreize hervorzurufenden Reflexbewegungen verlieren sich eher als die, welche man mittelst der Reizung der Hinterstränge des Rückenmarkes erhält. Die grosse Flüchtigkeit der Blausäure hat zur Folge, dass der Athem, das Aufstossen, die Blähungen des Lebenden und die verschiedensten Theile der Leiche und unter diesen auch oft das Gehirn den eigenthümlichen Geruch der bitteren Mandeln verbreiten. Sie kann auch die Wiederherstellung in glücklichen Fällen wesentlich begünstigen. Eingenommenheit des Kopfes, Mattigkeit und selbst Durchfälle bleiben dann für einige Zeit zurück.

§. 1288. Der nervenlähmende Einfluss der Blausäure erklärt es, wesshalb man die aufregende Wirkung des schwarzen Kaffees durch Bittermandel- oder Kirschlorbeerwasser vermindern kann und der Arzt oft diese Flüssigkeiten als Beruhigungsmittel

[1]) Der Nachweis des sehr ungleichen Blausäuregehaltes dieser Flüssigkeiten, wie sie gewöhnlich von dem Arzte gebraucht werden, und ein Verfahren, ein Bittermandelwasser mit beständiger Menge von Blausäure herzustellen, findet sich bei J. Schlagdenhauffen, Faits relatifs à l'histoire de quelques composés du cyanogène. Strasbourg 1863. 4. p. 14—26.

t Erfolg gebraucht. Gab STANNIUS Fröschen Strychnin, nachdem : vorher wässerige Blausäure erhalten hatten, so fehlten später die 'ämpfe oder traten nur spurweise auf. Die langsame Vergiftung t diesen oder anderen Blausäurepräparaten kann Kopfschmerz, hwindel, Unfähigkeit zu geistigen Arbeiten, Betäubung, Schwarzhen, Ohrensausen, reichlichere Speichelabsonderung, Uebelkeiten, hembeschwerden und angeblich auch Speichelfluss, Entzündung s Zahnfleisches und Mundgeschwüre erzeugen.

§. 1289. Das Emulsin und das Amygdalin bilden zwei an ıd für sich unschädliche Stoffe. Sie erzeugen aber Blausäure, wie sie auf einander wirken können. Dieser Zersetzungsprocess :dingt nach LIEBIG und WÖHLER den Blausäuregehalt des Bitterandelwassers. Gibt man einem Kaninchen zuerst eine wässerige nygdalinlösung und bald darauf eine Emulsion von süssen Man:ln, so findet sich die Blausäurevergiftung nach nicht kurzer Zeit n. Das Thier stirbt rasch und zwar meistentheils unter mehr oder inder lebhaften Wechselkrämpfen. Da ein Mensch täglich bis zu ıer Drachme Amygdalin ohne Nachtheil zu nehmen im Stande ist, kann leicht eine gleichzeitige, absichtliche oder zufällige Verabichung einer Emulsion zur Vergiftung desselben führen. Beide irper wirken auch, obgleich bisweilen langsamer, wenn man sie den Mastdarm eingeführt hat. Die Vergiftung fehlt dagegen nach)ELLIKER und H. MÜLLER, sowie das Amygdalin in das Blut ıes Kaninchens gespritzt und das Emulsin in den Darm gebracht ırden. Das Umgekehrte dagegen lässt den schädlichen Blausäureıfluss zum Vorschein kommen. Wir haben schon §. 852. gehen, dass es auf Täuschung beruhte, wenn man eine eigenthümhe Wirkung der Vagustrennung auf die des Amygdalins und des nulsins finden wollte.

§. 1290. Nicht nur Pflanzen aus der Gruppe der Amygdaleen, e die bitteren Mandeln (Amygdalus communis var. amara, A. per:a), der Kirschlorbeer (Prunus laurocerasus) und andere Prunusten (P. padus, avium, spinosa, domestica, cerasus, mahaleb), ndern auch die zu den Pomaceen gehörenden Birnen, Aepfel, die hlehdorn- oder Crataegusarten (Crataegus oxyacantha), die Vogelere (Sorbus aucuparia, hybrida, torminalis) und andere Pflanzen otoneaster vulgaris, Amelanchier vulgaris) können Blausäure fern. Die Cassave- oder Maniokwurzel (Jatropha Manihot) soll sshalb schon einen Menschen in einer Gabe von 2 Grammen lten können. Die Blausäure ist aber nicht als solche von vorn

herein vorhanden. Sie entsteht erst dadurch, dass sich das vorhandene Amygdalin und Emulsin in Blausäure, Bittermandelöl (Benzoylwasserstoff), Zucker und Ameisensäure unter dem Zutritt von Wasser zerlegt.

§. 1291. Die lähmenden Wirkungen, welche die Blausäure zunächst auf die grauen Massen des Gehirns und dann auf die des verlängerten Markes und des Rückenmarkes ausübt, lassen nur selten die Zeichen gesteigerter Reizbarkeit zum Vorschein kommen. Frösche sterben oft in aller Stille, ohne dass eine vergrösserte Reflexempfänglichkeit oder Krämpfe vorangehen. Die Tastempfindlichkeit und mit ihr das Vermögen, Reflexbewegungen zu erzeugen, verlieren sich früher als die der Reizung der weissen Masse des Rückenmarkes nachfolgenden Zusammenziehungen. Die Erregungsfähigkeit der Nervenstämme hört in centrifugaler Richtung auf. Die der Muskelmasse geht zuletzt zu Grunde. Nur die Herzschläge beschleunigen sich bisweilen, ehe sie langsamer werden, bis das endlich von Blut ausgedehnte Herz stillsteht. Die Einspritzung von Bittermandelwasser in den Mastdarm eines Frosches kann die §. 626. erwähnte Reizbarkeitserhöhung des Rückenmarkes hervorrufen.

§. 1292. Taucht man den Nerven oder den Muskel eines galvanischen Froschpräparates in verdünnte Blausäure, so verlieren sich nach und nach die Lebenskräfte desselben. Sie können sich erholen, nachdem die Theile eine Zeit lang an der Luft gelegen haben und die Blausäure wiederum abgedunstet ist. Man macht die gleiche Erfahrung, wenn die örtliche Anwendung des Giftes die Hautempfindlichkeit abgestumpft hat.

§. 1293. Die älteren Versuche von GAZAN, CALLIES[1]) und BERNARD und die neueren von SCHLAGDENHAUFFEN[2] lehrten, dass die gewöhnlich für unschuldig gehaltenen Eisencyanverbindungen, wie das Blutlaugensalz oder das Eisenkaliumcyanür, das Gmelin'sche rothe Salz oder das Eisenkaliumcyanid und die Eisencyanwasserstoffsäure oder die Ferridcyanwasserstoffsäure, Säugethiere tödten, wenn sie in grossen Gaben verabreicht werden. Bedient man sich oft genug des Blutlaugensalzes zu physiologischen Aufsaugungsversuchen, um später den Uebertritt desselben in das Blut oder die Gewebe durch das

[1]) CHRISTISON, a. a. O. S. 781. 782.

[2]) SCHLAGDENHAUFFEN, a. a. O. p. 80—87.

mittelst Eisenchlorid erzeugten Berlinerblau nachzuweisen, so bemerkt man keine gleichzeitigen Giftwirkungen, weil die gebrauchten Mengen hinter den schädlichen weit zurückzubleiben pflegen. SCHLAGDENHAUFFEN [1]) konnte acht Tage lang 0,5 Grm. Blutlaugensalz, das er in zwei Cubikcentimetern Wassers gelöst hatte, mit der Schlundsonde in den Magen von Kaninchen täglich einführen. Stieg er hierauf auf eine Tagesgabe von 2 Grm., so wurden die Thiere am fünften Tage todt gefunden. Die Giftwirkung der Eisencyanverbindungen verstärkt sich, wenn eine Säure, z. B. Essig nebenbei vorhanden ist, weil dann die Blausäure im Magen leichter frei wird.

§. 1294. Die durch die Wirkung von Salpetersäure auf Eisencyanverbindungen entstehenden Nitroprussiate, wie das Nitroprussidnatrium oder Kalium, zersetzen sich in dem Magen des Kaninchens in Blausäure und Berlinerblau. Der Gährungserreger und nicht die freie Säure bildet den Grund der Erscheinung [2]). Man kann die gleiche Zerlegung durch Bierhefe herbeiführen. Das Nitroprussiatkalium wird im Dünndarm in Blutlaugensalz und in Cyankalium verwandelt. Frösche verlieren zuerst die willkürlichen und die Reflexbewegungen, bis endlich der Herzschlag aufhört. Die Wirkung stimmt im Wesentlichen mit der des Cyankalium überein.

§. 1295. Besitzt auch das Rhodan- oder das Schwefelcyankalium lähmende Wirkungen nach den Versuchen von BERNARD, SETSCHENOW und SCHLAGDENHAUFFEN [3]), so kommen diese doch erst in grösseren Gaben in Kaninchen zum Vorschein. Die Mengen dieser Verbindung, die man gewöhnlich in dem Speichel des Menschen antrifft und die bei dem durch Quecksilber oder durch Iod erzeugten Speichelflusse zu fehlen, bei organischen Magenkrankheiten dagegen zuzunehmen scheinen, sind jedenfalls immer so unbedeutend, dass sie keine Giftwirkung ausüben können. Man hat, so viel ich weiss, bis jetzt nicht untersucht, ob die Absonderung der Giftdrüsen der giftigen Schlangen grössere Mengen von Rhodankalium enthält oder nicht.

§. 1296. Das schwefelsaure Allyl-Ammonium oder das Thiosinnamin, das sich bei der Wirkung von wässerigem Ammoniak auf ätherisches Senföl bildet, erzeugt Nervenaufregung, Herzklopfen und Schlaflosigkeit. Es geht nach WÖHLER und FRERICHS

---

[1]) SCHLAGDENHAUFFEN, a. a. O. p. 80. 81.
[2]) SCHLAGDENHAUFFEN, a. a. O. S. 97—100.
[3]) SCHLAGDENHAUFFEN, a. a. O. p. 101. 102.

in Schwefelcyanammonium in dem Körper des Menschen oder des Thieres über. SCHLAGDENHAUFFEN[1]) dagegen schliesst aus seinen an Kaninchen angestellten Urinuntersuchungen, dass der eingeathmete Sauerstoff den grössten Theil des Thiosinnamins zu Harnstoff oxydirt und nur eine sehr geringe Menge von Schwefelcyanammonium wegen mangelhafter Sauerstoffwirkung entsteht. Der Gehalt des Urines an Harnstoff und an Schwefelsäure nimmt in gleichem Verhältnisse mit dem eingeführten Thiosinnamin zu. Das Blut erscheint harnstoff- und zuckerreicher. Die Leber führt ebenfalls mehr Zucker als gewöhnlich. Dieser lässt sich auch in dem Harn nachweisen. Der Brechweinstein zeichnet sich dadurch aus, dass er sich des Sauerstoffes bemächtigt, wenn er mit Uebermangansäure, Chromsäure, Iodsäure, Molybdänsäure oder den Salzen dieser Säuren in Verbindung kommt. Spritzte SCHLAGDENHAUFFEN[2]) eine Lösung, die 0,10 Grm. Brechweinstein, 0,50 Grm. Thiosinnamin und 5 Cubikcentimeter Wasser enthielt, in die Drosselblutader eines Kaninchens, so führte später der Harn eine grosse Menge unveränderten Thiosinnamins, weil der Brechweinstein den Sauerstoff, der sonst auf das Thiosinnamin wirkt, aufgesogen hatte. Die Giftwirkungen, der Verlust der Willkürbewegungen zuerst in den Vorder- und dann in den Hinterbeinen, die Schlafsucht, die Kraftlosigkeit, die geringere Zahl der Athemzüge und der Herzschläge und die Abnahme der Eigenwärme der Kaninchen kehrten in beiden Fällen wieder.

§. 1297. Viele Cyanmetalle, das Cyankalium, das Cyanammonium, das Cyanquecksilber zeichnen sich durch ihre heftigen Giftwirkungen aus. Liess ich die Muskelcurven eines enthirnten Frosches, unter dessen Rückenhaut ich einige Krystalle von Cyanquecksilber gebracht hatte, aufschreiben, so nahmen die Hubhöhen ab, ohne dass stürmische Zusammenziehungen zum Vorschein kamen. Es fiel mir aber auf, dass die Reizung des rechten Hüftnerven lebhaftere Reflexbewegungen in dem linken Hinterbeine erzeugte. Sie waren oft stärker als die unmittelbaren des rechten und dauerten fort, während der rechte Wadenmuskel nicht mehr antwortete. Obgleich MURRAY, DUPUY und zum Theil ORFILA und HERBST das Einathmen von Ammoniakdämpfen nach Blausäurevergiftungen empfohlen haben, so lehrten doch die Erfahrungen von COULLON und SCHUBARTH, dass die durch Ammoniak neutralisirte

[1]) SCHLAGDENHAUFFEN, a. a. O. p. 103 fgg.
[2]) SCHLAGDENHAUFFEN, a. a. O. p. 113.

Blausäure Vögel und Sängerhiere schon in kleinen Gaben rasch tödtet[1]).

6. Pupillenändernde Gifte, besonders Belladonna und Calabarbohne.

§. 1298. Führt die Vergiftung irgend einer Art zur Lähmung des dritten Hirnnerven (N. oculomotorius), so erweitert sich das Sehloch des Auges und verharrt in diesem Zustande bis nach dem Tode des Thieres trotz allen Lichtwechsels. Dieses schliesst aber nicht aus, dass eine bedeutende Verengerung später nachfolgt. Man sieht es nicht selten nach Strychnin- oder nach Blausäurevergiftungen. PLINIUS[2]) kannte schon die pupillenerweiternde Wirkung zweier Anagallisarten und RAY (1686) die der Tollkirsche. HIMLY führte den Gebrauch dieser und des Bilsenkrautes in die Augenheilkunde ein.

§. 1299. Man nennt Mydriatica oder pupillenerweiternde Gifte eine gewisse Zahl von Körpern, von denen schon kleine Gaben das Sehloch bedeutend vergrössern und auf das Auge überhaupt nackdrücklich wirken[3]). Die Stärke, mit der die Blausäure die Nerventhätigkeiten lähmt, bedingt es, dass man schon das Kirschwasser und andere blausäurehaltige Flüssigkeiten hierher gerechnet hat. Eine Reihe von Pflanzen aus der an Giftgewächsen so reichen Gruppe der Nachtschatten (Solaneen) zeichnet sich als pupillenerweiternde Körper vorzugsweise aus. Die Tollkirsche (Atropa Belladonna), das Bilsenkraut (Hyoscyamus niger, albus und andere Arten) und der Stechapfel (Datura Stramonium und die sehr giftige D. Metel Ostindiens) gehören vorzugsweise hierher[4]). Eine so innige Beziehung zum Auge tritt dagegen in anderen nicht minder giftigen Pflanzen der Nachtschattengruppe, in den schädlichen Nachtschattenarten (Solanum nigrum und dulcamara) und dem aus ihnen darstellbaren Solanin und in den Tabakpflanzen (Nicotiana tabacum, macrophylla, rustica u. s. w.) und dem so

---

1) CHRISTISON, a. a. O. S. 780.

2) Eine Zusammenstellung der literarischen Angaben findet sich z. B. bei E. F. PETRINUS, Nonnulla de mydriaticis atque mydriasi. Lipsiae 1857. 8. p. 3—15.

3) Man hat daher die Pupillenerweiterung als gerichtlich medicinisches Kennzeichen empfohlen. Siehe F. RUNGE, De nova methodo veneficinum Belladonnae, Daturae nec non Hyoscyami explorandi. Jenae 1819. 8. p. 25.

4) Versuche über die örtliche Anwendung zahlreicher Arzneien und Gifte auf das Auge und andere Theile finden sich bei J. HOPPE, Die Nervenwirkungen der Heilmittel. Vier Hefte. Leipzig 1855. 56. 8.

giftigen Nicotin nicht hervor. Die Nicotinvergiftung erzeugt sogar immer nach HIRSCHMANN eine Verengerung und keine Erweiterung des Sehloches. SCHROFF, LEONIDES, VON PRAAG, DE RUITER und PETRINUS[1]) betrachten die Pupillenvergrösserung als ein charakteristisches Merkmal der Vergiftung durch Eisenhut (Aconitum ferox, napellus und andere Arten) oder Aconitin. STROHL[2]) dagegen fand stets eine Verengerung in Kaninchen. Man erhält oft die Erweiterung durch Digitalin, Coniin, Ergotin und viele andere tödtende Verbindungen. Eine Verengerung kann ihr vorangehen[3]).

§. 1300. Keine der europäischen Pflanzen wirkt auf die Regenbogenhaut mit solchem Nachdrucke wie die Tollkirsche. Alle Theile dieser Pflanze besitzen giftige Eigenschaften. Die meisten Unglücksfälle entstehen aber durch den Genuss der Beeren, deren schöne rothe Farbe Kinder und Erwachsene nicht selten verführt. Das von BRANDES 1818 entdeckte Atropin, das in der Pflanze mit Aepfelsäure verbunden ist, wirkt so stark, dass erst 200 Theile des Extractes, 360 der Wurzel und 600 des Krautes einem Theile des Alkaloides nach GEIGER[4]) entsprechen sollen. $^1/_{1000}$ Gran Atropin erweiterte das Sehloch eines Hundes in den Versuchen von HONOLD und RIECKE[5]). Ein Tropfen, der $^1/_{120000}$ schwefelsauren Atropins enthält, kann noch nach DE RUITER wirken. Die anderen aus der Tollkirsche dargestellten Körper, die Atropasäure, die zwei Arten von Belladonnin und das Pseudotoxin, sind noch zu wenig gekannt, als dass sich etwas Genaueres über ihre Eigenschaften angeben liesse.

§. 1301. Hat man eine passende Gabe des Tollkirschenextractes unter die Rückenhaut oder in eine Zungenwunde des Frosches gebracht, so verräth sich später ein Reizbarkeitszustand, der die heftigsten Starrkrämpfe nach leisen mechanischen Hautreizen erzeugt. Man begegnet hier wiederum der schon bei dem Strychnin angegebenen Eigenthümlichkeit (§. 1240.), dass die stürmischen Zuckungen und die vergrösserte Reflexempfänglichkeit in hohem

---

¹) PETRINUS, a. a. O. p. 15. 16.

²) G. HAHN, Essai sur l'Aconit. Strasbourg 1863. 4. p. 25.

³) Vgl. H. BRAUN, Experimenta nonnulla ad illustrandum effectum atropini aliorumque quorundam mydriaticorum. Berolini 1859. 8. p. 35.

⁴) VAN HASSELT-HENKEL. Bd. I. S. 295.

⁵) C. HONOLD, Ueber die Erweiterung der Pupille durch Narcotica. Tübingen 1837. 8. S. 26.

Grade von einander unabhängig erscheinen. Das Thier kann die erhöhte Empfänglichkeit Stunden lang zeigen und später die längste Zeit betäubt und scheintodt daliegen, dessenungeachtet aber an dem folgenden Tage wiederum eben so munter sein, als wenn keine Vergiftung Statt gefunden hätte. Da sehr kleine Gaben von Atropin grossen des Belladonnaextractes entsprechen, so erklärt es sich hieraus, wesshalb jenes Alkaloid keine lange anhaltende Reizbarkeitserhöhung herbeizuführen, sondern rasch zu lähmen pflegt, sowie es nicht in sehr kleinen Mengen angewandt worden.

§. 1302. Die Tollkirschenvergiftung erzeugt häufig zuerst fieberhafte Aufregung und Pulsbeschleunigung, dann Pupillenveränderung, Gesichtstäuschungen, undeutliches Sehen, Hautjucken, bisweilen Trockenheit oder andere lästige Empfindungen im Halse ohne Vergrösserung des Durstes, Schlingbeschwerden und Brechneigung, später Lachen, nicht selten fortwährendes Sprechen, dem nachher Stimmlosigkeit folgen kann, und lebhafte Bewegungen der Gesichts- und der Körpermuskeln, phantastische Visionen, meist von Thiergestalten oder anderen beunruhigenden Gegenständen, Raserei, Herzklopfen und bisweilen Vermehrung der Pulsschläge bis auf 150 in der Minute, endlich Strangurie oder unwillkürliche Entleerung des Harnes und des Kothes, hin und wieder Krämpfe, immer dagegen Lähmung der Körpermuskeln, Blutüberfüllung und Hervorragen der Augäpfel, Hautröthe wie bei Scharlach, Schlafsucht, Abnahme der Zahl der Herzschläge und der der Athemzüge und zuletzt den Tod des comatösen Kranken. Man hat auch hier den Fall, dass die beunruhigendsten Zeichen vorübergehen. Eingenommenheit des Kopfes, Pupillenerweiterung und Störungen des Sehens oder selbst Blindheit bleiben oft vor der völligen Genesung zurück.

§. 1303. Das Eintröpfeln eines leichtflüssigen Belladonnapräparates oder einer wässerigen Atropinlösung in den Bindehautsack erweitert das Sehloch des Auges eines Menschen innerhalb ein bis zwei Stunden so sehr, so dass man sich dieses Mittels zur Erleichterung der Untersuchung mit dem Augenspiegel oder zu einzelnen Augenoperationen bedient. Die wässerige Feuchtigkeit eines Thieres kann dann eine hinreichende Atropinmenge enthalten, um das Sehloch eines anderen Auges zu vergrössern. Das Sehloch des zweiten Auges verengert sich dann nach Ruete in geringem Grade, vorzugsweise bei lichtscheuen Personen. Sein Durchmesser nimmt aber zu, sowie man die Lider des mit der Tollkirsche behandelten Auges schliesst. Belladonna- oder atropinhaltige Ueberschläge auf

eine ihrer Oberhaut beraubte Hautstelle führen leicht zu Pupillenerweiterung.

§. 1304. Wir haben schon §. 893. gesehen, dass das Atropin auf die mit einfachen Muskelfasern versehene Regenbogenhaut des Auges der Säugethiere ähnlich wie auf die des Menschen wirkt, die mit quergestreiften Fasern ausgestattete Iris der Vögel dagegen nicht ändert. Es ergab sich ferner, dass die Trennung keines der zu dem Auge gehenden Nerven, des Sehnerven, des gemeinschaftlichen Augenmuskelnerven, des Rollmuskel-, des äusseren Augenmuskelnerven oder des Halstheiles des sympathischen Nerven die Wirkung der Belladonna auf das Auge aufhebt. Sie kann sich noch an dem ausgeschnittenen Auge geltend machen. Selbst die Entfernung des sogenannten Pupillenschliessers (§. 890.) hebt sie nicht auf. Diese Thatsachen lehren, dass man es mit einer rein örtlichen, von dem Baue der Muskelfasern wesentlich bestimmten Wirkung zu thun hat. Es erklärt sich hieraus, wesshalb das Eintröpfeln einer gewissen Menge eines flüssigen Belladonnapräparates in den Bindehautsack des Auges die Regenbogenhaut nachdrücklicher ändert als die allgemeine Vergiftung, bei der nur eine geringere Menge mit dem Blute zum Auge gelangt. Das Atropin erweitert bisweilen das Sehloch eines völlig amaurotischen Auges, wenn ein noch so starker Lichtwechsel nicht mehr wirkt. Fehlt aber die Belladonnawirkung nach weiteren Fortschritten des Leidens, so haben sich indessen örtliche Entartungen nach und nach entwickelt. Die Angabe von SCHMIDT[1]), dass Menschen vorkommen, auf deren Regenbogenhaut die Belladonna nicht wirkt, lässt sich nur aus einer krankhaften Veränderung der Irisgewebe erklären.

§. 1305. Die bleibende Erweiterung des Sehloches hat zunächst zur Folge, dass sehr helles Licht eine grössere Menge von Strahlen in das Auge führt. Dieses wird daher leichter geblendet. Die Abweichung wegen der Kugelgestalt einer Linse entsteht dadurch, dass die Randstrahlen derselben einen der hinteren Linsenfläche näher gelegenen Brennpunkt als die Centralstrahlen haben. Obgleich der geschichtete Bau der Hornhaut und des Glaskörpers und vorzugsweise der der Krystalllinse die sphärische Abweichung wesentlich vermindern, so wird sie sich doch bei der durch die Belladonna erzeugten anhaltenden Pupillenerweiterung nachdrücklicher geltend machen und eine gewisse Undeutlichkeit des Sehens

[1]) RUETE, Ophthalmologie. Bd. I. S. 103. 104.

eiführen können. Diese verliert sich auch, wenn der Mensch h die enge Oeffnung eines undurchsichtigen Schirmes sieht. Farbensäume, welche die Gegenstände nach stärkeren Bellaıawirkungen zu haben scheinen, lassen sich von demselben Ge:spunkte aus erklären. Das Roth hat den kleinsten und das ett den grössten Brechungscoifficienten. Jenes liefert also die ste und dieses die kürzeste Brennweite. Die ungleiche :hung führt aber die verschiedenen Brennpunkte der mannichen Farbenstrahlen höchstens in der Mitte so zusammen, dass ss zum Vorschein kommt. Die Randbegrenzungen, welche sich en Vortheils nicht erfreuen, erscheinen daher in Farbensäumen. Auge wird zugleich weitsichtiger. Sein Fernpunkt rückt oft mehr .us, als sein Nahepunkt. Die gesehenen Gegenstände erscheinen :r kleiner. Da diese Belladonnawirkung wie die Anpassung überpt auch noch bei Irismangel möglich bleibt, so folgt, dass das Gift t bloss auf die Regenbogenhaut, sondern auch auf Innentheile Auges, welche die Einrichtung desselben für verschiedene Entungen der Gegenstände vermitteln, also wahrscheinlich auf den nner der Aderhaut wirkt. Das Kleinersehen der Gegenstände l im Allgemeinen am auffallendsten, wenn sie in die Nachbarıft des jetzt von dem Auge weiter abstehenden Nahepunktes ge:ht werden. Die Doppelbilder, welche die Belladonnawirkung ig begleiten, lassen sich daraus erklären, dass das eine Auge seiner geringeren, aber nicht gänzlich fehlenden Anpassung ferntig bleibt, das andere dagegen sich mit Verschiedenheit der Abstände genau gesehenen Gegenstände ändert. Ein scharfes Bild des ten Punktes entsteht also neben einem undeutlicheren. Trägt die 'assung die beiden ungleichen Eindrücke nicht congruent auf elbe Stelle über, so wird ein Doppelbild wahrgenommen. Die kirsche vermindert endlich nach GRAEFE die Spannung des es. Grössere äusserlich angewandte Belladonnagaben sollen dheit und ein lange nachhaltendes Gefühl von Steifheit der enmuskeln erzeugen können.

§. 1306. Der unter dem Namen des Lactucarium [1]) bekannte ;etrocknete Milchsaft des zu den Cichoraceen gehörenden Salates, .Thridaceum der Alten, bildet ein im Ganzen unzuverlässiges parat. Es wird in der Regel aus Lactuca sativa in Deutschland

[1]) Das Geschichtliche über Lactuca und Lactucarium siehe bei H. HIRSCHFELD, De ıca virosa et scariola. Berolini 1833. 8. p. 7—21.

und aus L. altissima Bieb., L. virosa oder L. scariola in Frankreich, seltener aus anderen Lattigarten bereitet. Man findet Sorten von Lactucarium, die ohne allen Nachtheil genossen werden. Andere erzeugen Kopfschmerz, Schwindel, Uebelkeiten, Erbrechen und selbst Betäubung und Tod, wenn grosse Gaben genommen worden. Die Wirkungen auf die Regenbogenhaut des Menschen schwanken ebenfalls in hohem Grade. Die Versuche von GERBER[1]) ergeben keine sichere Pupillenänderung nach dem Einträufeln in den Bindehautsack von Kaninchen. Ein Klystier oder die subcutene Anwendung schien die Reactionen der Iris zu verlangsamen.

§. 1307. Die Calabar- oder Gottesurtheilsbohne (Ordeal bean), die sich durch ihre pupillenverkleinernde Wirkung oder als Myoticum auszeichnet, stammt von einer Leguminose, die BALFOUR wegen ihrer eigenthümlichen Narbenform Physostigma venenosum genannt hat. Sie dient an dem Calabarflusse in Afrika als sogenanntes Esere zu Gottesurtheilen und enthält ihr Gift nach JOBST und HESSE[2]) nur in den Cotyledonen. Man kann es durch wiederholtes Ausziehen mit Weingeist vollständig entfernen, so dass dann ein Kaninchen fünf Grammen des getrockneten Rückstandes ohne Nachtheil verzehrte. Es besteht in einem Alkaloid, dem Physostigmin, nach dessen Genuss ein Kaninchen in einem von JOBST und HESSE angestellten Versuche umfiel, ziemlich bewegungslos liegen blieb und nach 25 Minuten verschied. Hatte CHRISTISON 0,8 Grm. einer solchen Bohne genossen, so litt er eine Viertelstunde später an immer zunehmendem Schwindel und Lähmung der willkürlichen Muskeln. Grosse Schwäche verband sich mit fast ungetrübter Geistesthätigkeit.

§. 1308. Die Wirkung dieses Giftes auf das Sehloch ist der des Atropins entgegengesetzt. Brachten JOBST und HESSE zwei Tropfen einer wässerigen Physostigminlösung in das eine Auge eines Menschen, so war das Sehloch nach 10 Minuten bis auf $^1/_{20}$ seiner natürlichen Grösse verengt. Es verharrte ungefähr eine Stunde in diesem Zustande und erlangte seine frühere Grösse fünf bis sechs Stunden später. Die wässerige Physostigminlösung verengerte die Pupille eines vor einer Stunde ohne Gift getödteten Kaninchens bis auf $^1/_4$ ihres früheren Durchmessers, wirkte nur schwach auf die

[1]) TH. A. GERBER, Quomodo Lactucarium musculos iridis afficiat. Berolini 1861. 8. p. 17—30.

[2]) JOBST und HESSE, Annalen der Pharmacie. Bd. CXXIX. 1864. S. 117.

Regenbogenhaut eines anderen, das nach dem Genuss von Cyankalium zu Grunde gegangen war und änderte die eines dritten, das sein Leben durch Physostigmin verloren hatte, gar nicht. Da sich dieses Alkaloid in reinem Zustande oder mit Säuren verbunden rasch zersetzt, so ist es zweckmässiger, den Weingeistauszug, als das gesonderte Physostigmin anzuwenden. Man bedient sich auch jetzt häufig des Calabarpapiers zu augenärztlichen Zwecken. Es besteht aus einem kleinen blauen, in quadratische Stücke getheilten Bogen, der mit einer den Giftkörper enthaltenden Flüssigkeit durchtränkt worden. Ein kleines Quadrat, das man in den Bindehautsack bringt, verengert nach einiger Zeit das Sehloch in hohem Grade. Es wirkt jedoch nach GRAEFE reizender und weniger beständig als die Extractlösungen. Da das Papier zurückbleibt, so tränkt HART dünne Streifen von Gallerte mit Calabarextract oder Atropin. Sie lösen sich in der Thränenflüssigkeit und reizen daher nicht wie die Papierquadrate.

§. 1309. ROBERTSON [1]) bemerkte zuerst, dass ein auffallender Grad von Kurzsichtigkeit, der die Gegenstände näher und grösser erscheinen lässt und durch passende Concavgläser gehoben wird, der von FRASER entdeckten Verkleinerung des Sehloches vorangeht und sich auch wiederum früher als diese verliert. Das Sehloch des zweiten Auges vergrössert sich alsdann. GRAEFE [2]) fand, dass hippusähnliche Schwankungen des Pupillendurchmessers zu einer gewissen Zeit der allmähligen Verengerung eintreten. Der Mensch, in dessen Bindehautsack das Gift gebracht worden, erkennt diese Erscheinung leichter als ein Fremder, wenn er ein mit einer kleinen Oeffnung versehenes Metallblättchen dicht vor das Auge bringt und die scheinbare Grösse des Zerstreuungskreises, die nur von der Pupillenfläche bei gleichbleibender Anpassung abhängt, mit Aufmerksamkeit verfolgt. Das Vermögen der Regenbogenhaut, das Sehloch bei stärkerem Lichte zu verengern, bleibt auf allen Stufen der Einwirkung des Physostigmin erhalten. Die Verengerung selbst aber verharrt im Durchschnitt drei Tage lang und kann über vier Tage fortdauern. Eine leichte Pupillenerweiterung folgt oft dem Aufhören derselben nach. Die scheinbare Beleuchtung der Gegenstände nimmt im Anfange der Verengerung des Sehloches ab. Diese Täuschung, die sich später,

---

1) Journal de Pharmacie. Troisième Série. Tome XLIV. 1863. p. 51. 52. und 351.

2) GRAEFE, Archiv für Ophthalmologie. Bd. IX. Abth. III. 1863. S. 87—128.

wie es scheint, wegen der Empfindlichkeitserhöhung der Netzhaut verliert, fehlte in einem irislosen Kranken, den GRAEFE zu beobachten Gelegenheit hatte. Das Anpassungsvermögen desselben änderte sich unter dem Einflusse der Calabarbohnen in merklichem Grade. Eine Abnahme der Sehschärfe bei geringerer Beleuchtung gesellte sich zu jener Störung hinzu.

§. 1310. Man hat hier, wie bei der Tollkirsche, die Eigenthümlichkeit, dass sich die Aenderungen des Einrichtungsvermögens erst nach grösseren Gaben des Giftes nachdrücklich verrathen. Wie die Belladonna den Abstand des Fernpunktes und den des Nahepunktes vergrössert, so bringt die Calabarbohne beide näher an das Auge. Diese Verschiebung der Grenzen der Sehweite geht der Verengerung des Sehloches nur bei starken Gaben deutlich voran, während eher das Umgekehrte bei schwachen Statt findet. Die Kurzsichtigkeit verliert sich aber immer früher, als die Kleinheit des Pupillendurchmessers. Das durch sie bedingte Grössersehen der Gegenstände verräth sich am nachdrücklichsten, wenn sich diese in der Nachbarschaft des jetzt näher gerückten Fernpunktes befinden. Die Herrschaft über den inneren Augenmuskel, wie sie die Anpassung fordert, scheint durch die Calabarbohne ebenfalls zu leiden. Einzelne Menschen klagen noch über unangenehme Empfindungen im Auge. Sie fehlten in einem Manne mit vollkommenem Mangel der Regenbogenhaut. GRAEFE konnte dagegen an ihm die Aenderungen des Brechungszustandes des Auges unter dem Einflusse der Calabarbohnen eben so gut als unter dem des Atropins beobachten. Beide Gifte stimmen auch darin überein, dass sie auf die Iris von Kranken, die an Spinalamaurosen (§. 675.) leiden, wirken, dagegen keinen unmittelbaren Einfluss auf die mit quergestreiften Fasern versehene Regenbogenhaut der Vögel ausüben. Während aber die wässerige Feuchtigkeit eines Auges, das mit Atropin behandelt worden, auf das Sehloch eines anderen Auges, in das sie geträufelt wird, nach DE RUYTER wirkt, gelang es GRAEFE nicht, eine ähnliche Ausdehnung der Wirkung der Calabarbohne nachzuweisen. Hat man das Sehloch durch Atropin erweitert, so lässt sich ein Zwischenzustand der Verengerung durch eine sehr verdünnte Physostigminlösung einschalten, nach dessen kurzer Dauer sich der Einfluss der Belladonna wiederum kenntlich macht.

§. 1311. Hatte ich den linken Halssympathicus eines braunäugigen Kaninchens durchschnitten, so verkleinerte sich das Sehloch des linken Auges. Es besass dann eine länglichrunde Form mit grösserem

senkrechtem Durchmesser. Die Pupille des rechten Auges blieb grösser und rundlicher. Der linke äussere Gehörgang fühlte sich merklich wärmer als der rechte an. Brachte ich ein Quadrat von Calabarpapier in das rechte und ein anderes in das linke Auge, so waren die beiden Pupillen nach weniger als einer Stunde beträchtlich verengt. Der scheinbare Durchmesser (§. 491.) des Sehloches des rechten Auges betrug $4^1/_3$ Millimeter der Quere und $5^1/_8$ der Länge nach. Das linke gab in dieser Hinsicht $3^1/_4$ und 2 Millimeter. Die Sympathicusdurchschneidung verkleinerte nicht bloss das entsprechende Sehloch, sondern vergrösserte auch den Unterschied von Längen- und Querdurchmesser desselben. Da sich dieser zu jenem wie 1 : 1,18 in dem rechten und wie 1 : 1,63 in dem linken Auge nach der Einwirkung der Calabarbohne verhielt, so sieht man, dass diese die frühere durch die Sympathicustrennung erzeugte verhältnissmässige Verkleinerung des Sehloches nicht aufhob und die eigenthümliche eben vorgefundene Pupillenform noch auffallender als früher machte. Die erweiternde Wirkung der Tollkirsche führt zu den gleichen Erscheinungen.

7. Fingerhut, Tabak und Schierling.

§. 1312. Der Fingerhut (Digitalis purpurea, ferruginea, lutea, grandiflora, laevigata und Thapsi) bildet die giftigste Pflanze aus der Gruppe der Scrophularinen. Das in ihm enthaltene, von LE ROYER zuerst unkrystallinisch und später von PAUGUY krystallinisch dargestellte Digitalin, von dem es noch zwei Arten gibt, ein lösliches und ein unlösliches und das bei der medicinischen Anwendung der Tücke seiner Wirkungen wegen zur Vorsicht mahnt, kann schon in kleinen Gaben Menschen und Thiere tödten, wenn es gut bereitet ist. Die nach dem mässigen Gebrauche des Fingerhutes eintretende Abnahme der Zahl der Herzschläge [1]) verschaffte demselben einen Ruf, den es seiner übrigen Giftwirkungen wegen nicht verdient.

---

[1]) Wie manche Gifte als Mydriaca (§. 1298.) und andere als Myotica (§. 1323.) wirken, so hat man auch Körper, welche die Herzbewegungen verlangsamen und andere, die sie beschleunigen. Die als Kaumittel in dem tropischen Amerika benutzte Coca (Erythroxylon coca) nimmt in letzterer Hinsicht die erste Stelle nach MONTEGAZZA (P. MONTEGAZZA Sulle virtu igieniche e medicinali della Coca e sugli alimenti nervosi in generale. Milano 1859. 8. p. 43.) ein. Die Selbstbeobachtungen dieses Forschers ergaben warmes Wasser und die Aufgüsse von Thee, Caffee, Cacao, Mate und Coca als aufsteigende Reihenfolge der Flüssigkeiten, welche die Zahl der Pulsschläge vergrössern.

§. 1313. Die ärztliche Erfahrung hatte schon gelehrt, dass grössere Gaben von Fingerhutpräparaten oder kleinere von Digitalin die Menge der Pulsschläge in manchen Krankheiten, wie nach BOUILLAUD in fieberhaften Phlegmasieen, vergrössern und nicht herabsetzen. Der Puls eines Wassersüchtigen oder eines Herzkranken, der den Fingerhut gebraucht, wird oft häufiger und bisweilen härter, ehe die Verlangsamung auftritt [1]). Spritzte TRAUBE den Aufguss des Fingerhutes in die Drosselblutader von Hunden zu wiederholten Malen ein, so sank zuerst die Zahl der auf die Zeiteinheit der Minute kommenden Pulsschläge bedeutend. Eine beträchtliche Beschleunigung derselben trat aber später plötzlich auf. Man hatte also hier einen ähnlichen Erfolg, wie ihn die elektrische Erregung der herumschweifenden Nerven ausübt, wenn sie zuerst reizend und später erschöpfend oder lähmend eingreift. Die Erfahrungen, die TRAUBE nach der doppelten Vagustrennung und der späteren Fingerhutvergiftung gewonnen hat, wurden schon §. 855. erwähnt. Die Versuche, welche LENZ und BIDDER an Hunden und Kälbern anstellten, führten zu dem Ergebniss, dass der Seitendruck des Carotidenblutes während der Abnahme der Pulsfrequenz durch den Digitalingebrauch im Anfange wuchs und hierauf wiederum sank. Er nahm zuerst zu, wenn sich die Zahl der Herzschläge vergrösserte. Die mit dem Haemodromometer von VOLKMANN gleichzeitig angestellten Beobachtungen zeigten keinen bedeutenden Geschwindigkeitswechsel des Blutlaufes in der Halsschlagader an. VIERORDT [2]) fand den Umlauf des Blutes nach der Einspritzung von Digitalisaufguss um die Hälfte verzögert. Beruhigt sich der Herzschlag in Folge des Digitalisgebrauches, so kann auch die krankhaft erhöhte Eigenwärme wiederum abnehmen.

§. 1314. Die Tücke, welche das Digitalin verräth, wiederholt sich insofern für den Fingerhut, als sich die Wirkungen desselben allmählig steigern, die schädlichen Erfolge nicht selten unvermuthet auftreten und der häufige Genuss des Giftes die Nachtheile desselben durch Gewohnheit nicht so leicht beseitigt als für andere, die Thätigkeiten des Nervensystemes störende Körper. Sinnestäuschungen, Trockenheit in dem Munde und dem Schlunde oder Speichelfluss, Erbrechen und Unruhe im Unterleibe gehen den durchgreifenderen Vergiftungszeichen voran. Kopfschmerz, Schwindel, Schlaflosigkeit

---

[1]) Siehe schon F. MUTH, De Digitali purpurea. Kiliae 1839. 8. p. 15.

[2]) VIERORDT, Stromgeschwindigkeiten. S. 187.

ein unangenehmes Hitzegefühl im Körper, Unregelmässigkeiten des verlangsamten oder beschleunigten Herzschlages zeigen sich später. Delirien, Ohnmachten, Schlafsucht, bisweilen Durchfälle, Verengerung und dann Erweiterung des Sehloches, krampfhafter Blasenschluss, ein langsamer, schwacher und unregelmässiger Puls, Zuckungen treten vor dem Tode auf. Geringe Gaben des Fingerhutes können die Reflexempfänglichkeit des Frosches eben so gut erhöhen als die anderen Betäubungsmittel.

§. 1315. Die Versuche, welche STANNIUS[1]) über Fingerhut und Digitalin an Kaninchen und Katzen anstellte, lehrten, dass die Uebelkeiten und das Erbrechen in den Kaninchen immer mangeln, in den Katzen dagegen nur nach der unmittelbaren Einspritzung in das Blut, wahrscheinlich der raschen Lähmungswirkung wegen, ausbleiben. Da die Herzthätigkeit derselben nach grösseren Gaben des Giftes bald aufhört, man mag vorher die beiden herumschweifenden, die zwei sympathischen Nerven oder alle vier Stämme durchschnitten haben, so folgt, dass man hier keine von dem centralen Nervensysteme ausgehende Wirkung, wie bei dem Strychnin oder Morphin hat. Die Lähmung ergreift wahrscheinlich zuerst die Nerven und dann die Muskelfasern der Herzmasse. Steht auch das Herz vollkommen still, so können sich noch die Lungenblutadern periodisch zusammenziehen. Die fleischessende Katze ist für die Digitalinwirkung empfänglicher als das pflanzenfressende Kaninchen. Eine Eule und eine Krähe unterlagen ebenfalls früher als Tauben. Frösche zeigten sehr geringe Veränderungen. Die in Katzen so auffallende Herzlähmung fehlte in dem Kaninchen selbst nach der Einspritzung grösserer Digitalinmengen in das Blut. Die Muskelschwäche trat in einem Hunde weit mehr in den Vordergrund als in den Katzen.

§. 1316. Der Gebrauch des Tabaks, des Cohiba[2]) der Ureinwohner von Haiti, beginnt in Europa mit der Rückkehr des Anfangs gehobenen und dann verstossenen Günstlings, WALTER RALEIGH, der auch das Urari zuerst aus Amerika brachte (§. 1242.). Die verschiedenen zu den Solaneen gehörenden Nicotianaarten (Nicotiana tabacum, macrophylla, paniculata u. s. w.) verdanken ihre Giftwirkungen dem an Citronensäure und Aepfelsäure gebundenen

---

[1]) STANNIUS, Arch. der physiol. Heilkunde. Bd. X. S. 177—209.

[2]) A. v. SCHERZER, Aus dem Natur- und Völkerleben im tropischen Amerika. Leipzig 1864. 8. S. 269.

Nicotin[1]), das zu den heftigsten giftigen Alkaloiden gehört und eine farblose, sich nach und nach bräunende Flüssigkeit in reinem Zustande bildet. Es tödtet, von einer Wunde aus aufgesogen, mit grosser Schnelligkeit. Da es durch den Mastdarm rascher als nach der Einverleibung in den Magen wirkt, so muss dieses bei dem ärztlichen Gebrauche der Tabaksklystiere zur Vorsicht mahnen. Der Reiz des Tabakrauchens beruht auf den leise erregenden und später betäubenden Wirkungen der Giftmasse. Er gleicht in mancher Hinsicht dem der Einnahme geistiger Getränke. Beide Fehler, das Rauchen und das Trinken, haben auch das gemein, dass sich das Bedürfniss anhaltenden Genusses um so nachdrücklicher geltend macht, je tiefer sich die üble Gewohnheit eingenistet hat.

§. 1317. Das übermässige Tabakrauchen oder das Verschlucken grösserer Rauchmengen soll schon Menschen getödtet haben[2]). Der Tribut, den jeder anfangende Raucher bei leichterem und der geübte bei schwererem Tabak entrichtet, besteht in Uebelkeiten und Erbrechen, dem Unregelmässigkeit des Pulses, Gesichtsblässe, Angst, kalter Schweiss, Schwindel und in selteneren Fällen angeblich Schluchzen vorangehen. Ein allzustarkes Rauchen kann ein Aussetzen der Pulsschläge nach sich ziehen[3]). NAMIAS[4]) beobachtete einen Fall, in dem ein Mann seinen Körper mit Tabakblättern bedeckte, um das Zollgeld zu ersparen, bei dem Gehen schwitzte und sich auf diese Weise vergiftete. Der Gebrauch geistiger Getränke und des Opium stellte ihn wiederum her. Durchfälle, Muskelzittern, Abgeschlagenheit, Beschleunigung und später Verlangsamung des Herzschlages, erschwertes Athmen, Krämpfe bei noch vorhandenem Bewusstsein, blutige Stuhlgänge, unwillkürliche Harn- und Kothentleerungen und endlich der Tod folgen der stärkeren Tabakvergiftung, die unvorsichtige Tabakklystiere oder das Verschlucken einer grösseren Menge von Schnupftabak oder von Tabakabkochungen erzeugen. Die Untersuchungen von PARENT-DUCHATELET und D'ARCET lehrten, dass die Arbeiter in Schnupftabakfabriken an keinen eigenthümlichen durch ein Gift erzeugten Krankheiten leiden.

---

[1]) Ueber dessen Wirkung auf verschiedene Wirbelthiere siehe: FALCK und WACHENFELD, De Nicotini effectu in organismum animalem. Marburgi 1848. 8. p. 4—22.

[2]) So in zwei Fällen von GMELIN, wo 17 und 18 Pfeifen unmittelbar hinter einander geraucht worden. Vgl. CHRISTISON, a. a. O. S. 859., und VAN HASSELT-HENKEL. Bd. I. S. 311.

[3]) DESCAINE, Comptes rendus. Tome LVIII. 1864. p. 1017.

[4]) NAMIAS, Ebendas. Tome LIX. 1864. p. 90. 91.

Spritzt man eine Tabakabkochung in den Mastdarm des Frosches, so stellt sich oft eine so grosse Erhöhung der Reizempfänglichkeit ein, dass jede leise Erschütterung einen Anfall von Starrkrampf hervorruft.

§. 1318. Das Nicotin tödtet schon in kleinen Gaben mit auffallender Geschwindigkeit. Ein gellender Schrei des Säugethieres begleitet nicht selten die Wirkung. Es hängt von der Menge desselben ab, ob eine kurz dauernde Reizbarkeitserhöhung oder Starrkrämpfe der Lähmung vorangehen. Die Thätigkeit des Herzens, die es zuerst vergrössern kann und dann herabsetzt, und die der Empfindungsfasern erhalten sich längere Zeit als die der Bewegungsnerven.

§. 1319. Der mit anderen, unschuldigen Doldengewächsen, wie dem Körbelkraut oder der Petersilie, oft verwechselte Schierling (Conium maculatum), enthält ein sehr giftiges, tropfbar flüssiges und farbloses Alkaloid, das 1830 von GEIGER dargestellte Coniin, das mit Methylconiin gemischt und an Aepfelsäure gebunden in den Früchten der Pflanze in verhältnissmässig grösster Menge vorkommt. Der schädliche Einfluss des Schierlings, der wahrscheinlich (und nicht Cicuta virosa) zur Bereitung des *Κώνειον*, des Staatsgiftes der Griechen, diente, rührt von dem Coniin und angeblich von dem noch in der Pflanze vorhandenen Conhydrin her. Kranke können sich allmählig gewöhnen, immer bedeutendere Mengen von Schierling ohne Nachtheil zu nehmen. Obgleich das Coniin zu den kräftigsten Giften gehört, so scheint doch auch die tödtliche Gabe desselben mit Verschiedenheit seiner Darstellungsweise und daher seiner Reinheit zwischen bedeutenden Grenzen zu schwanken [1]). Man hat in dieser Hinsicht 1 bis 10 Gran angegeben. Die Einspritzung in das Blut tödtet blitzartig.

§. 1320. Eingenommenheit des Kopfes, Sinnestäuschungen, Schwindel, Schwerbeweglichkeit der Zunge, Muskelschwäche, ein Gefühl von Kraftlosigkeit und Abgeschlagenheit, Taumeln, Kälte und Empfindungslosigkeit der Haut, Abnahme der Zahl der Pulsschläge bis auf 30 oder 40 in der Minute, Athmungslähmung, Betäubung und Tod bilden die Hauptfolge der Schierlingsvergiftung. Das Sehloch erweitert sich erst am Ende des Lebens. Das Coniin lähmt nach SCHROFF vorzugsweise die Athmung und das linke Herz, während das rechte noch eine Zeit lang fortschlägt. Seine Wirkung

[1]) VAN HASSELT-HENKEL, a. a. O. S. 337.

soll 16 Mal so stark als die des Nicotin sein[1]). CHRISTISON[2]) konnte ein mit Coniin vergiftetes Kaninchen eine Stunde lang, nachdem die Erstickungsgefahr begonnen hatte, mittelst der künstlichen Athmung am Leben erhalten.

8. Zeitlose, Nieswurz und Sabadille.

§. 1321. Die Gruppe der Colchiceen enthält drei in ihren schädlichen Wirkungen vielfach übereinstimmende Pflanzenarten, die Herbstzeitlose (Colchicum autumnale), den Niesswurz (Veratrum album) und die Sabadille (Sabadilla officinalis). Eine heftige Reizung der Theile, mit denen sie in Berührung kommen, gesellt sich zu den zuerst erregenden und später lähmenden Einflüssen auf das centrale Nervensystem.

§. 1322. Starkes Erbrechen und reichliche Durchfälle mit Schmerzen in dem Magen und dem Unterleibe, Hautblässe, kalter Schweiss, Abgeschlagenheit des Körpers und des Geistes, vermehrte Harnabsonderung, Krampfbeschwerden bei der Urinentleerung, Abnahme der Zahl der Pulsschläge, Wadenkrämpfe, Irrereden, allgemeine Krämpfe und bisweilen Betäubung gehen dem Vergiftungstode durch die Herbstzeitlose voran. Die Angaben, ob die Pflanze im Herbste oder im Sommer giftiger sei, widersprechen einander. Es ist eben so wenig festgestellt, ob die schädlichen Einflüsse derselben nur von dem in Wasser leicht löslichen Colchicin herrühren.

§. 1323. Der Niesswurz und die zur Vertilgung der Läuse oft gebrauchten, aus Mexico und den westindischen Inseln stammenden Sabadillsamen wirken in ähnlicher Weise. Sie stören jedoch die Thätigkeiten des Nervensystemes nachdrücklicher. Beide enthalten das von PELLETIER und CAVENTOU 1819 entdeckte Veratrin, das in ihnen vorzugsweise mit Galläpfelsäure verbunden sein soll. Es stimmt mit dem 1819 von MEISSNER gefundenen Sabadillin überein. So wenig sich dieses Alkaloid in Wasser löst, so leicht werden von diesem die Salze, wie chlorwasserstoffsaures Veratrin, aufgenommen. Die rothe Färbung durch Schwefelsäure lässt noch geringe Mengen von Veratrin erkennen.

§. 1324. Das scharf schmeckende Alkaloid erzeugt reichlichen Speichelfluss, wenn es in die Mundhöhle und das heftigste Niesen

[1]) VAN HASSELT-HENKEL, a. a. O. S. 338.

[2]) A. CH. A. POEHLMANN, Physiologisch-toxicologische Untersuchungen über das Coniin. Erlangen 1838. 8. S. 20. und 36.

und vermehrte Thränenabsonderung, nachdem es in die Nasenhöhle eingeführt worden. Die an Hunden angestellten Beobachtungen von MAGENDIE [1]) und zum Theil von FORCKE [2]) lehrten, dass das in den Darmcanal eingeführte Veratrin zuerst örtlich reizend wirkt und Zusammenziehungen der Muskelhaut an der Anwendungsstelle erzeugt. Reichlichere Gaben führen zu Erbrechen, Durchfällen, Beshleunigung der Herz- und der Athembewegungen, Starrkrämpfen und endlich dem Tode, sie mögen in den Nahrungscanal, eine seröse Höhle oder unmittelbar in das Blut gebracht werden. Die Einführung in eine Vene tödtet sogleich nach ANDRAL in einem Anfalle von Starrkrampf. Frösche, die mit Veratrin vergiftet worden, werden zuerst leicht von selbst oder nach Hautreizen tetanisch. Die Lähmung der willkürlichen Muskeln und des Herzens folgt später nach. Der Gebrauch von weisser Nieswurztinctur vergrössert nach HERING die Menge der Pulsschläge von Pferden um das Zwei- bis Dreifache. Die Kreislaufsdauer bleibt aber in der Regel unverändert.

§. 1325. Der innere Gebrauch kleiner Veratringaben erzeugt nach FORCKE [3]) eigenthümliche Hautgefühle, deren Beschaffenheit und Oertlichkeit mit Verschiedenheit der Personen wechselt. Halbgelähmte Theile verfallen leicht in zuckende Bewegungen. Erbrechen zeigt sich häufiger bei Kindern als in Erwachsenen. Die äussere Anwendung des Veratrins führt zu der Empfindung des Prickelns nicht bloss an der Berührungsstelle, sondern auch oft in entfernten Theilen, vorzugsweise den Fingerspitzen.

§. 1326. Künftige Erfahrungen werden entscheiden müssen, ob und wie sich die in dem Nieswurz noch vorkommende Veratrinsäure, das aus ihm und der Sabadille darstellbare, von dem Veratrin verschiedene Sabadillin, sowie die der Sabadille angehörenden Körper, die man als Sabadillsäure und Cevadinsäure beschrieben hat, bei den Giftwirkungen jener Pflanzen betheiligen.

9. Anilin und dessen Farbestoffe.

§. 1327. Das bei der Bereitung des Leuchtgases als Nebenerzeugniss auftretende Steinkohlentheer und das aus diesem

[1]) F. MAGENDIE, Vorschriften für die Bereitung und Anwendung einiger neuen Arzneimittel. Dritte Auflage. Leipzig 1824. 8. S. 45. 46.

[2]) F. A. FORCKE, Physiologisch-therapeutische Untersuchungen über das Veratrin. Hannover 1837. 8. S. 18—20.

[3]) FORCKE, Ebendaselbst. S. 21.

durch Destillation gewonnene Theeröl enthält zunächst das Benzol oder Benzin, das man zur Entfernung von Fettflecken häufig benutzt und das MOSLER zur Abtödtung der Trichinen empfohlen hat. Die Behandlung mit rauchender Salpetersäure erzeugt das Nitrobenzol oder Nitrobenzin, das man gewöhnlich zur Darstellung des Anilins gebraucht. Dieses liefert aber eine Reihe der schönsten, in der Technik vielfach angewandten Farbestoffe, nämlich verschiedene rothe (Fuchsin, Solferino, Magenta, Azaleïn, Anilinroth), violette (Anileïn, Harmalin, Violin, Purpurin), blaue (Anilinblau, Pariserblau), einen braunen (Havanna) und einen grünen Körper[1]).

§. 1328. Die Untersuchungen von SCHUCHARDT und von SONNENKALB[2]) lehrten, dass grössere mit Wasser versetzte Anilinmengen Fische, Reptilien und Säugethiere tödten können. Es reizt einerseits die Theile, mit denen es in Berührung kommt, örtlich, so dass der Speichel und der Schleim in reichlicherer Menge hervortreten, nachdem es in die Mundhöhle eingeführt worden, und erregt andererseits im Anfange und lähmt später das centrale Nervensystem. Die Vergiftung führt daher zuerst zu erhöhter Empfänglichkeit für Reflexkrämpfe, zu einzelnen Krampfstössen, zur Beschleunigung des Blutlaufes und der Athmung und in der Folge zur Abnahme der Empfindlichkeit, zu schwankendem Gange, Lähmung der Hinterbeine und endlich zu völligem Zusammensinken der Säugethiere. Das Anilinroth und das Anilinblau, wie sie zur Färbung von Zeugen benutzt werden, verriethen keine Giftwirkungen in den Versuchen von SONNENKALB[3]). Da sie, an Kleidungsstoffe oder an Tapeten gebunden, nicht wie die Arsenikfarben, verstäuben, so würde sich ein nachtheiliger Einfluss, wenn selbst jene Körper schädlich wären, nur in Ausnahmsfällen geltend machen. Künftige Erfahrungen müssen jedoch noch näher feststellen, ob nicht Zusätze von Anilinfarben zu Zuckerbäckerwaaren und zu anderen Genussmitteln von den Gesundheitsbehörden beaufsichtigt werden sollten.

§. 1329. Hatte ich eine grössere Menge von Anilin, das ursprünglich schwach gelblich war, im Laufe der Zeit aber roth geworden, unter die Rückenhaut eines enthirnten Frosches gebracht, so traten die Lähmungserscheinungen ein, ohne dass ihr eine längere

[1]) Vgl. auch H. SCHIFF, Untersuchungen über metallhaltige Anilinderivate und über die Bildung des Anilinrothes. Berlin 1864. 8. S. 87. 112. 113. 126. 131—136.

[2]) SONNENKALB, Anilin und Anilinfarben in toxicologischer und medicinalpolizeilicher Beziehung. Leipzig 1864. 8. S. 20—32.

[3]) SONNENKALB, Ebendas. S. 37—40.

Periode der erhöhten Reflexempfänglichkeit voranging. Es schien dagegen ein Zeitpunkt vorhanden zu sein, zu welchem sich die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Nervenerregung vor ihrer Abnahme vergrösserte, wenn selbst schon die Dauer der verborgenen Reizung zugenommen hatte (§. 1155.).

10. Gifte der Schlangen, vorzugsweise der Vipern.

§. 1330. Die Lehre von den thierischen Giften steht der der pflanzlichen bedeutend nach, weil es der Chemie noch nicht gelungen ist, die in den verschiedenen Thiersäften enthaltenen schädlichen Stoffe eben so zu sondern, als es für die giftigen Alkaloide der Gewächse möglich geworden. Nur die Ameisensäure ist als die Ursache der nachtheiligen Einflüsse der Ameisen und das kampherartige Cantharidin als die der Schädlichkeiten der Spanischen Fliegen (Lytta vesicatoria) nachgewiesen. Man vermag hingegen nicht anzugeben, ob die Gifte der Tausendfüsse (Scolopendra), der Biene (Apis mellifica), der Hummel (Bombus terrestris), der Wespe (Vespa vulgaris), der Hornisse (Vespa crabro), der Scorpione (Scorpio, Buthus), der Spinnen (Theraphosa avicularia, Lycosa tarantula), der Kröten (Bufo cinereus, fuscus, calamita, agua), der Schlangen und des Männchens des Schnabelthieres (Ornithorhynchus paradoxus) von demselben Stoffe oder, wie wahrscheinlicher, von verschiedenen Körpern herrühren; welche Verbindungen sich erzeugen, wenn der Speichel eines wüthenden Hundes oder angeblich auch der eines rasenden Menschen oder die Milch einer durch heftigen Aerger aufgeregten Amme schädlich eingreift oder die Fäulnisszersetzung sonst nahrhafte Fleischarten von Fischen oder Säugethieren oder die Weichtheile von Stachelhäutern, Muscheln oder Schnecken zu den gefährlichsten Genussmitteln macht. Das sogenannte Viperin oder Echidnin scheint kein reiner Körper zu sein und birgt auch nicht, so viel man weiss, die giftigen Eigenschaften. Die angeblich giftigen Wirkungen vieler Polypen, Medusen und anderer im Wasser, vorzugsweise im Meere lebender Thiere rühren zum Theil von den Nesselorganen derselben her.

§. 1331. Die Giftschlangen nehmen um so mehr an Menge und an Artenzahl ab, je mehr man sich von den heissen Gegenden des Erdballes den kälteren nähert. Die Klapperschlangen (Crotalus durissus, horridus, miliarius) gehören Amerika, die Trigonocephalen (Trigonocephalus crotalinus, atrox, lanceolatus u. s. w.) ihm und dem tropischen Asien, die Bungarusarten nur

diesem, die Elaps allen Welttheilen mit Ausnahme von Europa, die Brillenschlangen (Naja tripudians, porphyrica u. s. w.) Asien, Afrika und Australien nach SCHLEGEL an. Die Vipern finden sich in allen Welttheilen, nur nicht in Amerika. Die Kreuzotter (Vipera berus), die mit der schwedischen Kupferotter (Vipera chersea) übereinstimmen soll und von der die schweizerische Natter (Vipera prester) eine Abart bildet, lebt in dem mittleren und dem nördlichen und die Aspis (Vipera aspis s. Redii) in dem südlichen Europa. Viele andere gefährliche Vipern dagegen (Vipera elegans, arietans) werden in den Tropen gefunden. Die an dem hinteren und unteren Theile des Kopfes beiderseits liegenden Giftdrüsen, ausser denen noch unschädliche Speicheldrüsen überall vorkommen, entleeren ihr Gift durch ihre Ausführungsgänge und die Giftzähne, die eine für die Verwendung passende Stellung unmittelbar vor dem Bisse annehmen, dann stechen und die schädliche, durch den Druck benachbarter Muskeln in reichlicherer Menge ausgetriebene giftige Flüssigkeit durch eine Furche oder einen Canal auslaufen lassen und auf diese Art einimpfen. Manche mit solchen gefurchten Zähnen versehene Schlangen, wie die auf Java vorkommende Dipsas dendrophila, haben keine schädlichen Wirkungen für den Menschen. Besitzen schon die gefährlichsten Schlangen, wie die Klapperschlange, die Trigonocephalen, die Brillenschlange, verhältnissmässig grosse Giftdrüsen, so nimmt die der west-afrikanischen Naja rhombeata Schl. den sechsten Theil der gesammten Körperlänge nach REINHARDT und RAPP [1]) ein.

§. 1332. Die ausgedehnten Beobachtungen, die FONTANA über das Viperngift (Vipera aspis) anstellte, die über 6000 Versuche umfassen und bei denen er mehr als 4000 Thiere von den Schlangen beissen liess, bilden ein Muster naturwissenschaftlicher Forschung. Sie sind die Hauptquelle der sicheren Kenntniss der Wirkungen der Schlangengifte überhaupt. Die gelbliche geruch- und fast geschmacklose Flüssigkeit, die das Viperngift bildet, trocknet zu einer gummiähnlichen Masse ein, die ihre schädliche Wirkung die längste Zeit beibehält. FONTANA [2]) benutzte häufig den halbirten Kopf der getödteten Viper, um andere Thiere mit dem Giftzahne zu verwunden

---

[1]) W. v. RAPP, Untersuchungen über die Giftwerkzeuge der Schlangen. Tübingen 1843. 4. S. 9. Taf. II. Fig. 7.

[2]) F. FONTANA, Abhandlung über das Viperngift, die amerikanischen Gifte, das Kirschlorbeergift und einige andere Pflanzengifte. Berlin 1787. 4. S. 77.

ɪd dann das Gift durch Druck auf die Drüse hervorzutreiben. an hat häufig behauptet, dass Schlangen, die in Weingeist auf- ɜwahrt worden, vergiften können. CHRISTISON fand das Gift der rillenschlange noch nach 15 Jahren wirksam.

§. 1333. FONTANA[1]) bemerkte schon, dass das Viperngift nicht ır für andere Vipern, sondern auch für Blutegel, Schnecken, Schild- :öten, Blindschleichen und andere Schlangen unschädlich ist. Es ınn dagegen alle den Versuchen unterworfene Arten warmblütiger eschöpfe tödten. Die Stärke des Thieres entscheidet den Erfolg. 'ährend alle gebissenen kleinen Hunde starben, man mochte so- eich die Wunde mit kaustischem Salmiakgeist befeuchtet haben ler nicht, sind in der Regel die grössten Hunde am Leben ge- ieben[2]).

§. 1334. Lässt man eine Viper eine Reihe von Malen beissen, › zeigen sich die ersten Vergiftungen nahezu gleich gefährlich. Der :hädliche Einfluss der späteren dagegen nimmt allmählig ab[3]). Das ɜtroffene Thier unterliegt eher, wenn die Bisse verschiedene Kör- ɜrstellen, als wenn sie denselben Theil treffen. Die spätere An- :hwellung fällt aber an diesem letzteren Orte grösser aus. Während ie Einführung des Giftes in Muskelwunden von Tauben tödtete, ieb es wirkungslos, so wie man es nur auf die Aussenfläche der uskelmasse gebracht hatte[4]). Da aber die Wiederholung des Ver- ıches an der Achillessehne des Kaninchens das Thier meistentheils ›dtete[5]), so folgt, dass zufällige ungünstige Bedingungen der Auf- ıugung der Erfolglosigkeit der Giftanwendung in jenem Falle zum runde lagen.

§. 1335. Weniger als $^1/_{500}$ Gran Viperngift reichte nach FON- ANA[6]) hin, um ein kleines warmblütiges Geschöpf in einigen Mi- uten zu tödten. Die blaue Färbung der Umgebung der Wunde on Tauben, die in eines ihrer Beine gebissen worden, wurde schon 0 Secunden nach der Einführung des Giftes erkannt[7]). Gesunde 'auben vertrugen leicht die Amputation eines Beines. Wiederholte ber FONTANA die Operation zwei bis drei Minuten, nachdem das

1) FONTANA, a. a. O. S. 15—23.
2) FONTANA, a. a. O. S. 86.
3) FONTANA, a. a. O. S. 90. 91.
4) FONTANA, a. a. O. S. 104.
5) FONTANA, a. a. O. S. 124.
6) FONTANA, a. a. O. S. 162.
7) FONTANA, a. a. O. S. 166.

Glied von der Viper gebissen worden, so starb dessenungeachtet die Taube in Folge der Vergiftung [1]). Ein Thier der Art, dessen Bein durch einen kräftigen Hieb 60 Secunden nach dem Bisse entfernt worden, ging nach 7 Minuten zu Grunde. Die Ausführung der Operation nach 45 Secunden gab 20 Minuten, die nach 35 Secunden eine, nach 30 Secunden drei und die nach 25 Secunden zehn Stunden als Lebensdauer. Drei Tauben, die ihr Bein 15 bis 5 Secunden nach dem Bisse verloren hatten, boten keine Krankheitszeichen dar. Meerschweinchen genasen sogar nach der Ablösung des Gliedes, wenn diese früher als sechs Minuten nach dem Bisse vorgenommen wurde [2]). Das Abschneiden des gebissenen Ohres von Kaninchen und Hunden, von dem aus das Gift überhaupt weniger leicht wirkt, die Entfernung der Haut des gebissenen Bezirkes, des Hahnenkammes, wenn er getroffen worden und die Unterbindung des gebissenen Gliedes können die allgemeine Vergiftung beseitigen [3]).

§. 1336. Spritzt man das Gift in die Drosselblutader eines Kaninchens, so schreit das Thier laut auf, bekommt Krämpfe und stirbt in einer bis zwei Minuten [4]). Impft man es einem Gliede ein, dessen Blutlauf durch die Unterbindung der Hauptschlagader aufgehoben worden, so bleibt die allgemeine Vergiftung aus [5]). FONTANA schliesst, dass dasselbe bei der bloss örtlichen Anwendung auf die Nerven der Fall sei [6]). So richtig auch wahrscheinlich dieser Satz ist, so hinderte doch der Zustand der Nervenphysiologie zu Ende des vorigen Jahrhunderts FONTANA, diesen Theil seiner Beobachtungen so anzustellen, dass aus ihnen ein vollkommen genügender Beweis hervorgegangen wäre. Die Einführung des Giftes in den Bindehautsack oder den Magen zog keine schädlichen Wirkungen in einzelnen Versuchen nach sich [7]). Der Genuss desselben tödtete jedoch Tauben in günstigeren Fällen [8]).

§. 1337. Das Viperngift wirkt auf Thiere, die stets klein bleiben, nachdrücklicher als auf grosse. FONTANA [9]) spricht sich

[1]) FONTANA, a. a. O. S. 168. 170. und 236.
[2]) FONTANA, a. a. O. S. 236–238.
[3]) FONTANA, a. a. O. S. 238–246.
[4]) FONTANA, a. a. O. S. 176–184.
[5]) FONTANA, a. a. O. S. 206–208.
[6]) FONTANA, a. a. O. S. 196.
[7]) FONTANA, a. a. O. S. 287.
[8]) FONTANA, a. a. O. S. 417.
[9]) FONTANA, a. a. O. S. 248. 249.

ich seinen Erfahrungen dahin aus, dass der Biss einer einzigen iper nicht hinreichen werde, einen Menschen zu tödten. Er hatte elegenheit, mehr als zwölf Geheilte zu untersuchen und von mehr s fünfzig zu hören. Von zwei angeblichen Todesfällen war der ne Mensch in Folge kalten Brandes des Armes zwanzig Tage nach em Bisse gestorben. Die Wahrheit des anderen Falles blieb trotz ller Erkundigungen zweifelhaft. Die blosse Angst, von einer Viper ebissen worden zu sein, versetzte einen Menschen in eine Ohnacht, die länger als eine Stunde dauerte. Furchtsame Thiere erben nach der Vergiftung leichter als Hunde, die voll Zorn auf ie Viper losgehen[1]).

§. 1338. Andere Schlangengifte als das der Viper sind bis jetzt it zu geringer wissenschaftlicher Consequenz untersucht worden, s dass sich angeben liesse, ob die Vergiftungszeichen wesentlich nter einander abweichen oder die Ungleichheit der Wirkung nur on der Concentration des schädlichen Stoffes abhängt. Man darf doch vermuthen, dass sich noch Unterschiede mit dem Wechsel er Schlangenarten ergeben werden. Die Bissstelle selbst schwillt n Allgemeinen auf, wird blau und infiltrirt. Sie schmerzt nicht nur lbst, sondern kann auch in unglücklichen Fällen den Ausgangsnkt von Entzündungen der Saug- oder der Blutadern und von eiden bilden, die sich auf entfernte Körpertheile verbreiten. Abahme der Empfindung, erschwerte Bewegung und brandige Zerörung treten nicht selten auf. Die Angabe, dass das Gift der lapper- und das der Brillenschlange Blindheit bei unmittelbarer erührung des Auges erzeugt habe, bedarf noch der Bestätigung[2]). lässe und Entstellung des Gesichtes, Sinnestäuschungen, Kopfhmerz, Schwindel, grosser Durst in bewussten Augenblicken, Irreden in anderen, Ohnmacht, Zittern, Abgeschlagenheit, bisweilen rbrechen von Blut oder Galle, später Schlafsucht, Anschwellung er Zunge und der Schlingwerkzeuge, erschwertes Schlucken und prechen, bald Blutungen und Trommelsucht und bald Krämpfe erden als Vorläufer des Todes nach dem Bisse der giftigen Schlangen er heissen Gegenden angeführt. Der Tod erfolgt nie blitzschnell, ondern erst nach einer Reihe von Minuten oder Stunden, wenn elbst die giftigsten Arten von Crotalus, Trigonocephalus oder Naja

[1]) Fontana, a. a. O. S. 257.

[2]) van Hasselt-Henkel, a. a. O. Bd. II. S. 118.

den Menschen verwundet haben[1]. Wird er geheilt, so blei
Narbe meist schmerzhaft und bricht oft später nach S
BURGK auf.

§. 1339. Der Biss der europäischen Vipernarten fü
Schmerzensempfindungen der Verwundungsstelle, die sich im
der Zeit steigern, Erbrechen, Schlaflosigkeit und Kopfschmerz
hat später in den durchgreifendsten Fällen Anschwellung, rose
Röthe, eine gelbliche oder bläuliche Färbung und einzelne
extravasatähnliche Flecke des gebissenen Gliedes, eine e
liche Röthung der von der Wunde ausgehenden Saugadern u
ihnen entsprechenden Lymphdrüsen, bisweilen Gelbsucht, Erb
einen unregelmässigen, nicht aber nothwendigerweise fiebe
Puls, einen regelwidrigen Athmungsrhythmus, einen angstvoll
sichtsausdruck, kalte Schweisse, Sinnestäuschungen bei voll
wusstsein, Schwindel und in der Folge Irrereden. Der Bis
Viper in die Zunge eines 33jährigen schwächlichen Mannes e
nach HAUSSMANN[2] eine bedeutende Anschwellung nicht n
Zunge selbst, sondern auch der Gebilde der Mundhöhle u
Gesichtes. Grosse Einschnitte in die Zunge konnten nicht ve
dass die nach fünf Stunden vorhandene Erstickungsgefa
Tracheotomie nöthig machte. Der Mensch genas später voll

VIII. Beziehungen der Nerven zu den physikalische den chemischen Vorgängen des lebenden Körpe

§. 1340. Wir haben gesehen, dass die beiden Hauptträg
Nerventhätigkeit, die Ganglienkugeln und die Nervenfasern w
lich verschiedene anatomische und physiologische Eigenschaft
sitzen. Das einseitige Vorherrschen einer bestimmten Richtun
Molecularanordnung, das die Hüllen der Nervenfasern zu e
positiven und das Mark zu einer negativen doppeltbrechenden M

---

[1] Vgl. VAN HASSELT-HENKEL, Ebendas. S. 120. 121.

[2] A. J. HAUSSMANN, De morsu serpentum. Regiomonti 1838. 8. p. 21—2
noch drei andere glücklich abgelaufene Fälle von Vipernbiss ausführlich erzählt

macht (§. 73.) und den elektrischen Gegensatz von Längsfläche und künstlichem Querschnitt in der Form des Nervenstromes (§. 153.) erzeugt, fehlt den Ganglienkugeln. Die optische (§. 85 und §. 284.) und wahrscheinlich auch die elektrische Indifferenz derselben (§. 286.) deuten an, dass hier eine vielseitigere, gleichsam unpartheiischere Ausbreitung der von einem Punkte ausgehenden Veränderung möglich ist.

§. 1341. So sehr auch die Formen und die Grössen der peripherischen Ganglienkugeln wechseln, so wenig lässt sich nachweisen, dass diese Gestaltunterschiede von dem Orte des Vorkommens jener Gebilde abhängen. Man hat runde bis länglichrunde Kugeln mittlerer Grösse in den verschiedensten Nervenknoten. Eckige kommen nur ausnahmsweise, wie hin und wieder in dem Gasser'schen Knoten vor. Die Formen und die Grössen der Ganglienkugeln des centralen Nervensystemes wechseln in weit höherem Grade. Die Fälle aber, in denen diese Beziehungen mit Ortseigenthümlichkeiten zusammenhängen, bilden die Minderzahl. Man findet auf diese Weise die räucherkerzchenähnlichen Gestalten in der Rinde des kleinen Gehirns vieler Säugethiere (§. 89.), die grossen Ganglienkugeln in der Rolando'schen grauen Masse des Rückenmarkes oder der paarigen blauen Stelle (locus coeruleus) des Bodens der vierten Hirnhöhle und die schon mit freiem Auge kenntlichen der elektrischen Lappen der Zitterrochen (Torpedo marmorata, Galvanii, Narke) und nach BILHARZ die der Ursprungsstelle des elektrischen Nerven des Zitterwelses (Malapterurus electricus).

§. 1342. Der Thätigkeitsunterschied der grauen Masse der Grosshirnhalbkugeln und der des Rückenmarkes lässt schliessen, dass die Fähigkeiten der verschiedenen Ganglienkugeln des centralen Nervensystemes in hohem Grade unter einander abweichen. Benachbarte graue Massen des verlängerten Markes stehen den verschiedenartigsten Wirkungen vor. Man hat hier die mannichfachsten Centralwerkzeuge, zum Theil die der Nerven der Antlitzmuskeln die der Bewegungen der Zunge, der Schlingwerkzeuge, des Herzens, der Athmungs- und der Stimmorgane, zahlreicher Empfindungs- und vieler Gefässnerven. Die allmählige seitliche Kreuzung der Bewegungsfasern der Gliedmaassen kommt überdiess hinzu (§. 685.). Jede der genannten Wirkungen kann sich vereinzelt geltend machen. Unsere physikalischen und chemischen Hilfsmittel gestatten es aber nicht, die verschiedenen Gruppen jener grauen Massen mit Sicherheit zu unterscheiden. Nur die Lebensthätigkeiten lehren, dass ent-

weder die Trennung nach Maassgabe der Verhältnisse mit grösster Schärfe hervortritt oder bestimmte Verbindungen einzelner Leistungen und Scheidungen von anderen zu Stande kommen. Ein regelloses Ueberspringen fehlt selbst noch häufig in dem stürmischen Kampfe gegen äussere, das Leben bedrohende Einwirkungen.

§. 1343. Wir haben schon §. 292. gesehen, dass die Vergleichung der Thätigkeiten der Knoten der hinteren Rückenmarkswurzeln, der des sympathischen und der des dreigetheilten Nerven wesentlich verschiedene Thätigkeiten dieser mannichfachen Gebilde nachweist. Nur die Lebenswirkungen, nicht aber die anderen uns zu Gebote stehenden Prüfungsmittel können von diesen Eigenthümlichkeiten Rechenschaft geben.

§. 1344. Wie die elektrischen Ströme die feinsten Unterschiede in der Zusammensetzung der Markmasse der peripherischen Nerven anzeigen, so sind die betäubenden Gifte die empfindlichsten Reagentien für das centrale Nervensystem. Ihre Verbindung mit den Ganglienkugeln erzeugt Veränderungen derselben, die man sonst durch kein anderes Untersuchungsverfahren entdeckt. Ihr Einfluss reicht nicht selten so weit hinab, dass noch homöopathische Gaben die tiefsten Störungen herbeiführen. Sie können wiederum später und zwar die flüchtigeren zu einem grossen Theile durch die Lungen und die äussere Haut und die fixeren vorzugsweise durch den Harn ausgeschieden werden. Da aber dann die Vergiftungszeichen in vielen Fällen aufhören, so folgt, dass sie eine chemische Verbindung mit der Masse der Ganglienkugeln erzeugten, die nicht, wie die mit Säuren oder Alkalien, die Thätigkeit derselben für immer beseitigt. Eine Ernährungsstörung kann eine Reihe von Nachwirkungen herbeiführen. Das eine betäubende Gift wirkt zuerst oder überhaupt vorherrschend auf die grauen Massen des grossen Gehirns und ein anderes auf die des Rückenmarkes. Dieser Umstand bekräftigt den Schluss, dass die Molecularbeschaffenheit der Ganglienkugeln dieser einzelnen Theile unter einander von vorn herein abweicht. Das verlängerte Mark verräth dasselbe für seine zahlreichen Einzelwerkzeuge. Manche Gifte stören zunächst die Leistungen der Schlingwerkzeuge, andere die der Herzthätigkeit und noch andere die der Athembewegungen.

§. 1345. Wie die Elemente der grauen Massen die Schöpfer, so bilden die Nervenfasern die Leiter der Nerventhätigkeit. Es wurde schon §. 80. bemerkt, dass man nie von vollkommen marklosen Nervenfasern mit Sicherheit sprechen darf. Lässt man auch

die Trugbilder, die hier häufig irre führten, unbeachtet, so gibt es viele Markarten, die erst in polarisirtem Lichte kenntlich werden. Die dabei nöthigen Hilfsmittel versagen aber, so wie die Nervenfaser allzu dünn ist. Man kann daher vorläufig nur die zuverlässigeren Markmassen bei der Betrachtung der Nervenfasern berücksichtigen.

§. 1346. Die gegenwärtige Physik schreibt jedem schweren Körper zweierlei Arten kleinster Theilchen, Atome des Aethers und solche der wägbaren Masse zu. Obgleich die Zeit kommen dürfte, in der man einen unmittelbaren Zusammenhang der Theilchen für die Erklärung aller physikalischen Erscheinungen nach demselben Continuitätsprincipe, wie man es häufig in der höheren Hydraulik anwendet, voraussetzen wird, so muss man sich doch bis jetzt noch vorstellen, dass die beiden Arten von Theilchen in gewissen Entfernungen wechselseitig von einander abstehen. Man hat daher auch das Gleiche für die Ganglienkugeln und die Nerven anzunehmen. Es wurde schon §. 278. erläutert, dass die Aetheratome keine irgend bedeutende Rolle bei der Nerventhätigkeit übernehmen. Selbst das Sehen kommt nicht dadurch zu Stande, dass sich die Unruhe des in der Netzhaut und dem Sehnerven enthaltenen Aethers dem in dem Sehstreifen, dem Sehhügel und den Vierhügeln enthaltenen Aether mittheilt (§. 184.). Man hat vielmehr eine Veränderung der wägbaren Theilchen der Nervenmassen, wie bei den anderen Nervenwirkungen.

§. 1347. Da eine Unterbrechung des unmittelbaren Zusammenhangs des Markes in einer Länge von $^1/_{10}$ bis $^1/_5$ Millimeter dieselben Lähmungserscheinungen und Ernährungsstörungen, wie die vollständige Nerventrennung nach sich zieht, so folgt, dass die Nervenmolecüle keine sehr ausgedehnte Fernwirkung besitzen. Die Sonderung der Empfindungseindrücke wird hierdurch wesentlich erleichtert. Man kann sich aus jenem Grunde vorstellen, dass das Ende einer Bewegungsfaser nur den benachbarten Theil der Muskelfaser zur Verkürzung zwingt, sich aber dann die Veränderung von einer unendlich dünnen Schicht zur anderen innerhalb der Muskelmasse, vermöge der eigenthümlichen Reizbarkeit derselben fortpflanzt (§. 104. und §. 326.). Da der mittlere Theil der Faser die Nervenerregung noch fortleiten kann, wenn schon der im Umkreise befindliche Abschnitt des Markes unthätig geworden, so folgt, dass die Mittheilung der Unruhe von Querschnitt zu Querschnitt nicht dessen ganze natürliche Breite als unerlässliche Bedingung voraussetzt. Es wäre möglich, dass ein sehr dünner Faden des

Markes zu einer, wenn auch in entsprechendem Maasse geschwächten Durchleitung hinreichte.

§. 1348. Stärkere elektrische Eingriffe, die den Nerven zuerst kräftig anregen, später umstimmen (§. 259.) und endlich lähmen, verkleinern die gegenseitigen Entfernungen einzelner Markmolecüle so sehr, dass sich neue chemische Gruppen derselben (§. 227.) erzeugen. Der Wechsel der Einflüsse, welche dann die beiden verschiedenen Stromesrichtungen ausüben, kann zu der Vermuthung führen, dass die Marktheilchen asymmetrische Gestalten angenommen haben (§. 256.). Erzeugen auch schwächere Erregungen keine dauernden Veränderungen, die sich als chemischer Umsatz für unsere gröberen Prüfungsmittel verrathen, so lässt sich doch erwarten, dass ihre Wirkungen nur der Grösse, nicht aber dem Wesen nach von denen der stärkeren Eingriffe abweichen. Wir können daher voraussetzen, dass Alles, was wir Thätigkeit der Nervenfaser nennen, auf einem Wechsel der Molecularstellung des Markes beruht. Da aber die verschiedenartigsten und schwächsten Einflüsse die Masse desselben ändern und sich hierauf die Erregung längs der Nervenfaser fortpflanzt, so müssen die Marktheilchen ihre Gleichgewichtslage in Folge der örtlichen Reizung leicht verlieren und ihre Unruhe den Nachbartheilchen bei dem Wechsel der gegenseitigen Entfernungen mittheilen können. Die Grösse dieser mechanischen Veränderlichkeit des Markes entscheidet aber in hohem Grade, welche Erregungsstärke eines Nerven einem bestimmten Werthe der Reizung nachfolgt.

§. 1349. Die Ortsverrückung der Nerventheilchen von Null bis zu derjenigen Entfernung, welche die Unruhe benachbarter Theilchen anregt, fordert eine gewisse Zeit. Man kann die Dauer dieser Ausweichung als eine umgekehrte Function der Stärke des Stosses, den der Reiz dem Molecüle ertheilt, ansehen. Eine allzukurze Erregung bleibt daher um so eher erfolglos, je schwächer ihre mechanische Wirkung ist (§. 125. 200.). Die Erfahrung, dass nicht nur zu rasch, sondern auch zu langsam eingreifende Reizungen weder Empfindung noch Bewegung erzeugen, lehrt, dass erst die mit einer gewissen Geschwindigkeit vor sich gehende Ortsveränderung der Nervenmolecüle eine merkliche Thätigkeitsgrösse der Ganglienkugeln oder der Verkürzungsgebilde herstellt.

§. 1350. So leicht auch die Gleichgewichtslage der Marktheilchen gestört wird, so setzen sie doch einen inneren Widerstand an der Reizungsstelle und einen äusseren jenseit derselben bei der Fortpflanzung der Unruhe entgegen (§. 207.). Der hierdurch und

durch den nachträglichen Widerstand erzeugte Verlust an mechanischer Leistung (§. 218.) und die chemische Veränderung machen Wärme frei, so dass jede Nerventhätigkeit von einer, wenn auch im Verhältnisse zu der der Muskelverkürzung geringen Wärmeerhöhung begleitet wird. Jene Widerstände bestimmen aber zum Theil die wirkende Erregungsstärke der Nervenfaser (§. 214.). Da die Empfindung und die Zusammenziehung nicht bloss von dieser, sondern auch von der Beschaffenheit der Ganglienkugeln und der verkürzbaren Massen abhängen, so kann die gleiche Grösse der wirkenden Erregungsstärke das eine Mal nur als verborgene und das andere Mal als sichtlich thätige Reizung auftreten. Man muss vier Zeiträume in dem zweiten Falle unterscheiden. Ein erster, der des *ursprünglichen Anstosses*, vergeht, bis die Ganglienkugel ihre Unruhe auf das Nervenmark der ihr zugewiesenen Primitivfaser überträgt oder die durch eine örtliche Einwirkung aufgerüttelten Marktheile ihre Ortsveränderungen beginnen. Eine zweite Zeitgrösse, die der *Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregung*, wird für die allmählige Mittheilung der Unruhe bis zu den Nervenenden in Anspruch genommen. Eine dritte, die der *Uebersetzung*, ist für die Umwandlung der Wirkung in eine Veränderung der unmittelbar benachbarten centralen Ganglienkugeln oder des anstossenden Muskelabschnittes nöthig. Man hat endlich noch einen vierten Zeitraum, den der *Uebertragung*, den die weitere Mittheilung des Eindruckes bis zum Auftreten der bewussten Empfindung oder der Reflexwirkung oder die Fortpflanzung der Verkürzung von Querschnitt zu Querschnitt der Muskelfaser bis zur nächsten Stelle der Nervenerregung (§. 103.) fordert. Die Wirkung fehlt, wenn die Zeit des ursprünglichen Anstosses allzu klein ist. Sie bleibt verborgen, wenn die beiden letzten Zeiträume der Null gleichen. Die latente Reizung (§. 172.) dagegen umfasst alle vier Zeiträume. Die beiden ersten hängen nur von der Beschaffenheit des Nerven, wenn dieser örtlich gereizt wird, unter sonst gleichen Verhältnissen ab. Der dritte wird von dem Baue des Markes und der ihm entsprechenden Uebersetzer und der vierte von diesen allein bestimmt. Läuft ein zweiter Anstoss einem ersten nach, so pflegt die Interferenz der Wirkungen beider den Erfolg zu vergrössern (§. 210.). Zwei Erregungen, von denen die eine schwächer ist, können dann eine wesentlich kräftigere Wirkung liefern, als die stärkere allein (§. 342.), wenn auch die anhaltende Widerholung derselben kleineren aus-

schliesslich gebrauchten Erregungen geringere Erfolge nach sich zieht, als die öftere Wirkung der grösseren.

§. 1351. Wie uns die zwar rasche, aber nicht unendlich schnelle Mittheilung der Unruhe der Aethermoleclüle die Verfinsterung der Jupiterstrabanten noch vorführt, wenn sie schon eine Zeit lang aufgehört hat, wie wir aus demselben Grunde Sonnen sehen können, die schon seit Jahrhunderten erloschen sind, so wiederholt sich das Gleiche im Kleinen für alle unsere Nerventhätigkeiten. Die beiderseitige Uebersetzung der Erregung im Centrum und in der Peripherie (§. 99.), die Fortpflanzungsgeschwindigkeit derselben durch die Nervenmasse (§. 175.) und das Durchschlagen durch die Hirngebilde, die das Bewusstsein vermitteln (§. 710.) sind mit einem verhältnissmässig so grossen Zeitverluste verbunden, dass nicht selten der Willensbefehl beendigt ist, wenn sich die Muskeln zusammenzuziehen anfangen und die Ursache eines Sinneseindruckes im Augenblicke der Empfindung desselben nicht mehr wirkt. Das mit sinkender Geschwindigkeit und zuletzt asymptotisch verlaufende Abklingen der Unruhe der Nervenmolecüle, auf dem die Nachwirkung der Sinneseindrücke beruht, bildet das zeitlich entgegengesetzte Seitenstück zu jener anfänglichen Verspätung des Erfolges. Wie wir die ganze Welt nicht, wie sie ist, sondern wie wir sie in unserem Nervensysteme übersetzen, auffassen, wie eine Bewegung der Aetheratome und kein Licht und eine Unruhe der wägbaren Theilchen und kein Schall in der Wirklichkeit vorkommen, wie dasjenige, für das wir keinen Sinn haben, gar nicht oder höchstens mittelbar für unsere Erkenntniss vorhanden ist, so leben wir auch in fortwährenden zeitlichen Täuschungen, indem unsere Sinneseindrücke der Wirklichkeit nachhinken und erst nach einer endlichen Zeitgrösse ohne äusseren Erregungsgrund wiederum schwinden. Die verspätete Zusammenziehung und die allmählige Erschlaffung nach dem Aufhören der Reizung bilden eine ähnliche Erscheinung in den Muskelfasern. Manche Arten von Wechselkrämpfen sind ebenso die Folgen der Nachschwingungen der Theilchen des Inhaltes der Bewegungsnerven.

§. 1352. Die Molecularveränderung, welche Empfindung und Bewegung bedingt, kann bei den verschiedensten Arten der Markmasse vorkommen (§. 201.). Das mannichfache Auseinandergehen der an dem Galvanometer kenntlichen Bewegungserscheinungen des Nervenstromes (§. 153. 243. 246.) und der Lebensthätigkeiten oder dieser und des Elektrotonus (§. 142. 259.) lehrt, dass diejenige Molecularveränderung, welche die elektromotorischen Wirkungen und

die, welche die physiologischen Erfolge bedingt, nicht in allseitiger Congruenz zusammenfallen. Dieser Satz steht fest, die hypothetischen Vorstellungen, die man zur Erklärung der Erscheinungen versucht (§. 243 fgg.), mögen sich bewähren oder nicht. Der Wechsel der elektromotorischen Beziehung tritt daher in die gleiche Reihe mit anderen Nebenfolgen der im Augenblicke der Thätigkeit auftretenden Erscheinungen, wie der Aenderung der Elasticität, der Wärme oder der chemischen Beschaffenheit und der Aufnahme des Sauerstoffes und der Aushauchung der Kohlensäure. Da sich der Nervenstrom und die Bewegungserscheinungen desselben nach Vergiftungen nicht nur erhalten, sondern noch verstärken können, wenn auch die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Nervenerregung allmählig sinkt und endlich Null geworden (§. 246.), die Fähigkeit der Uebersetzung der Nervenerregung in Muskelthätigkeit aber noch nicht gelähmt ist (§. 1249.), so folgt, dass auch die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Art von Unruhe, welche die elektromotorischen Beziehungen ändert, einen grösseren oder kleineren endlichen Werth haben kann, wenn die, welche die Lebenswirkungen hervorruft, vollkommen aufgehört hat.

§. 1353. Die Uebertragung der Nervenerregung in Empfindung ist leichter, als die in Bewegung. Die Verkürzungsgebilde weichen aber auch in dieser Hinsicht unter einander nach Maassgabe ihrer Beschaffenheit ab. Der kräftige quergestreifte Muskel antwortet rascher und nachdrücklicher, als der halbgelähmte. Die einfachen Muskelfasern zeigen schon im Gesunden eine Reihe scheinbar launenhafter Wirkungen, die sich den unberechenbaren Stimmungen einer Hysterischen würdig an die Seite stellen. Die Muskelmassen des Nahrungscanales arbeiten oft beständiger, als die der Blutgefässe und diese sicherer als die der Drüsengänge. Ein Bezirk zieht sich nicht selten zusammen, während ein anderer hartnäckig in Ruhe verharrt. Unsere gegenwärtigen Kenntnisse reichen nicht hin, von diesen Verschiedenheiten Rechenschaft zu geben. Es liegt aber die Vermuthung nahe, dass die mit der Zeit wechselnde Wirkungsweise von einer ungleichen Mischung in Folge der fortwährend sich ändernden Zusammensetzung abhängt.

§. 1354. Keine eigenthümliche Lebenskraft, wie man sie auf einer früheren Entwickelungsstufe der Physiologie annahm, sondern die mikroskopische Kleinheit und die vielseitige Beweglichkeit der Werkzeuge unterscheiden die Organismen von unseren unorganischen Vorrichtungen. Ein aus umsetzbaren Stoffen bestehendes Material, der Austausch der Verbindungen durch Poren, deren Form und Um-

fang mit den Nebenbedingungen wechselt, und der bedeutende Einfluss der Temperatur, der sich hier, wie bei allen Haarröhrchenerscheinungen nachdrücklich geltend macht, verfeinern die Vorgänge. Die Vortheile werden aber durch einen gewissen Grad von Vergänglichkeit erkauft. Die Verkürzungserscheinungen, die eine untergeordnetere Rolle im Pflanzen-, als im Thierreiche spielen, verleihen dem Organismus eine Labilität, die die physikalischen und die chemischen Wirkungen der Gewebmassen binnen Kurzem auf das Mannichfachste ändert. Man hat dabei gewissermaassen drei Stufen der Wechselerscheinungen. Die groben verrathen sich schon dem freien Auge. Man sieht unmittelbar, wie die Zusammenziehung des Herzens das Blut treibt, die der Athemmuskeln die Luft in die Lungen der höheren Geschöpfe einführt und so die für die Dauer des Lebens unerlässliche Erneuerung der früheren Blutbeschaffenheit herbeigeführt wird. Die feineren verrathen sich erst den genaueren Prüfungsmitteln des Forschers mit völliger Sicherheit. Nur auf diesem Wege konnte man sich überzeugen, dass es vor Allem die Schlagadern mittlerer und kleinster Grössen, nicht aber, wie der erste Anblick zu lehren schien, die Haargefässe sind, deren Zusammenziehung und Erweiterung die Grösse und die Geschwindigkeit der Blutzufuhr und mit ihr die physikalischen und die chemischen Vorgänge ändern. Da endlich die feinsten Poren zu klein sind, als dass wir sie mit den uns zu Gebote stehenden Hilfsmitteln wahrzunehmen im Stande wären, und eben so unüberwindliche Hindernisse der Erkenntniss der physikalischen und der chemischen Beschaffenheit ihrer einzelnen Wandbezirke entgegenstehen, so können uns höchstens die Folgen dieser wichtigsten Beziehungen im Pflanzen- und Thierreiche manches Einzelne andeuten. Sie werden aber nie eine vollkommen genügende Belehrung zu liefern vermögen.

§. 1355. Zeichnete sich auch nicht das Nervensystem durch die höchste und räthselhafteste Leistung, die Vermittelung des Selbstbewusstseins aus, so würde ihm schon sein Einfluss auf die Bewegungserscheinungen die erste Rolle im Thierkörper anweisen. Diese Wirkungsart desselben macht es unmöglich, mit Sicherheit zu entscheiden, ob die Nerven die Beschaffenheit der Bestandtheile der Organe unmittelbar ändern können oder alle Einflüsse derselben nur von einem durch die Verkürzungserscheinungen bedingten Wechsel der Porositätsverhältnisse, von Unterschieden in der Grösse und der Form der Lückenräume und der Anziehung der Wände derselben herrühren. Der Körper eines jeden grösseren organischen Geschöpfes

besteht aus einer unübersehbaren Menge einzelner Werkzeuge, von denen jedes nach Maassgabe seiner augenblicklichen Beschaffenheit wirkt. Die Thätigkeit selbst ändert die Mischung desselben. Neue Anziehungen ersetzen das Verlorene und führen zu einem Zustande, der oft genug nicht mit dem ursprünglichen genau zusammenfällt. Die Wirkung eines organischen Elementes gewinnt hierdurch eine doppelte Bedeutung. Sie liefert nicht bloss die augenblickliche Thätigkeit, sondern auch den ersten Anstoss zu künftigen mehr oder minder durchgreifenden Veränderungen, die wiederum die Möglichkeit gleicher oder abweichender Thätigkeiten bedingen. Viele Gewebe, vorzugsweise die einer Integralerneuerung unterworfenen Elemente gehen ohne Weiteres verloren, sowie sie eine gewisse Altersstufe erreicht haben. Der Wechsel der wirksamen Glieder liegt eben in dem Wesen der Organismen und macht sich gerade für die höchsten Gewebe am nachdrücklichsten geltend. Selbst die scheinbar gleichartigsten weichen stets in untergeordneten Merkmalen von einander ab. Die Beweglichkeit kann neue Unterschiede für die kleinsten Bezirke eines Elementarwerkzeuges in jedem Augenblicke herstellen. Was unsere Sinne als Lebenswirkungen erkennen, bildet immer nur die Gesammtresultante der verschiedenen Thätigkeiten einer oft unendlichen Zahl von Einzelgliedern, die an und für sich labil gebaut und in den Thieren unter dem Einflusse des Nervensystemes von Augenblick zu Augenblick wechselnd die mannichfachsten untergeordneten Aenderungen der physikalischen und der chemischen Erscheinungen während kurzer Beobachtungsdauer herbeiführen können. Die Elementaranalyse bildet ein viel zu grobes Mittel, als dass sie von irgend feineren Unterschieden der organischen Verbindungen Rechenschaft geben könnte. Sie steht auch nur dann auf sicherem Boden, wenn die Krystallisation als Zeichen der Unveränderlichkeit, also in mancher Hinsicht das Gegentheil des Hauptmerkmales der Lebenserscheinungen der Untersuchung zu Hilfe kommt. Ihre einseitige Berücksichtigung von drei oder vier Grundstoffen verschiebt den natürlichen Standpunkt der Auffassung der Gesammtmischung. Die Erkenntniss der chemischen Veränderungen der lebenden Gewebe müsste daher schon unvollständig bleiben, wenn die Zusammensetzung der Theile an allen Orten gleich wäre. Der Wechsel ihrer Beschaffenheit in Ausdehnungen, die oft noch nicht die stärksten Vergrösserungen dem Auge enthüllen, wird den denkenden Menschen zu der Ueberzeugung führen, dass sich die ihm gewährten Erkenntnissmittel viel zu sehr auf das Grosse beschränken, um in die Ge-

heimnisse der physikalischen und der chemischen Technik der gesammten Natur und vorzugsweise der lebenden Wesen in irgend grossartiger Weise eindringen zu können. Nicht bloss die allgemeinsten Fragen der Naturlehre, die nach der Ursache der gleichen absoluten Dichtigkeit aller wägbaren Körper und der eine Zusammendrückung anzeigenden Spannkraft des Aethers, sowie alle die Atomistik betreffenden Aufgaben, sondern auch die Betrachtung der organischen Wesen können die Ansicht stützen, dass die uns gegebenen Untersuchungswerkzeuge nicht hinreichen, um das wahre Wesen des Baues und der Thätigkeit der Dinge in irgend genügender Weise zu enthüllen.

Gedruckt bei E. Polz in Leipzig.

